



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PŘEHLED VÝVOJE AUTONOMNÍCH VOZIDEL

RESEARCH OF AUTONOMOUS VEHICLES REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Cheney Quinn

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Cheney Quinn**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Přehled vývoje autonomních vozidel

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Autonomní vozidla nebo též samořízená motorová vozidla, jsou vozidla, která nepotřebují žádného řidiče, jelikož jsou schopna monitorovat okolní prostředí a navigovat se bez lidského zásahu. Vývoj v oblasti autonomních vozidel je na velkém vzestupu, ovšem často naráží na nefyzické překážky, zejména legislativu.

Cíle bakalářské práce:

Charakterizace autonomních vozidel.
Historie vývoje autonomních vozidel.
Přehled snímačů autonomních vozidel.
Popis implementace autonomních vozidel do legislativy.
Detailní přehled současných autonomních vozidel.

Seznam doporučené literatury:

ANDERSON, James, et al. Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers. Santa Monica: RAND, 2014. ISBN: 978-0-8330-8398-2.

KOCKELMAN, Kara, et al. Implications of Connected and Automated Vehicles on the Safety and Operations of Roadway Networks: A Final Report. Austin: The University of Texas, 2016.

KOOPMAN, Philip and WAGNER, Michael. Autonomous Vehicle Safety: An Interdisciplinary Challenge. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine 9, 2017.

LITMAN, Todd. Autonomous Vehicle Implementation Predictions, Implications for Transport Planning, Victoria: Victoria Transport Policy Institute, 2015.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá vývojem autonomních vozidel. První část práce je zaměřena na charakterizaci autonomních vozidel a jejich dělení podle SAE a NHTSA. V druhé části jsou uvedeny technologie spadající pod jednotlivé úrovně dělení NHTSA. Ve třetí části je v práci zpracován přehled snímačů, které autonomní vozidla používají pro svůj provoz. Ve čtvrté části je pojednáváno o vývoji a historii autonomních vozidel. V následující části je popsána současná situace co se týče začlenění a legislativy okolo autonomních vozidel. V poslední části je pojednáno o současných autonomních vozidlech a které společnosti tato vozidla vyrábějí a jaké metody používají k vylepšení softwaru.

KLÍČOVÁ SLOVA

Autonomní, vozidlo, senzor, vývoj, legislativa, přehled

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the development of autonomous vehicles. The first part is focused on the characterization of autonomous vehicles and their classification according to SAE and NHTSA standards. In the second part there are technologies falling under individual levels of NHTSA. In the third part there is an overview of sensors used in autonomous vehicles for their operation. The fourth part deals with the development and the history of autonomous vehicles. The following part describes the current situation regarding inclusion and legislation around autonomous vehicles. The last part deals with current autonomous vehicles and the companies that produce autonomous cars and the methods they use to enhance their software.

KEYWORDS

Autonomous, vehicle, sensor, development, legislation, overview

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

QUINN, Cheney. *Přehled vývoje autonomních vozidel* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116859>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, 56s. Vedoucí práce Petr Hejtmánek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Petra Hejtmánka, PhD. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 22. května 2019

.....

Cheney Quinn

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu Ing. Petru Hejtmánkovy, Ph.D. za věcné připomínky, vstřícnost, cenné rady a ochotu při konzultacích, kterou mi věnoval při zpracovávání práce. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za trpělivost a podporu při celém studiu, bez které by mé studium určitě nebylo možné.

OBSAH

Úvod	9
1 Charakteristika autonomních vozidel	10
1.1 Dělení stupně automatizace	11
2 Dělení Technologií podle NHTSA	15
2.1 Technologie 0.Stupně	15
2.2 Technologie 1.Stupně	18
2.3 Technologie 2.Stupně	20
2.4 Technologie 3.Stupně	20
2.5 Technologie 4.Stupně	21
3 Přehled Snímačů	22
3.1 Radar	22
3.2 Lidar	23
3.3 Sonar	23
3.4 GPS	24
3.5 IMU	24
3.6 Kamera	26
4 Historie	27
4.1 20.léta	27
4.2 30.léta	27
4.3 50.léta	27
4.4 60.léta	28
4.5 80.léta	29
4.6 90.léta	29
4.7 Začátek 21.století	30
4.8 10.léta 21.století	31
5 Legislativa	34
6 Přehled Autonomních Vozidel	35
6.1 Tesla	35
6.2 Cadillac Super Cruise	38
6.3 Google	39
6.4 Audi	40
6.5 Volvo	41
6.6 Mercedes-Benz	42
Závěr	43
Seznam použitých zkratek a symbolů	56

ÚVOD

V současné době máme nepřeberné množství automobilů. Každý automobil má své výhody, kterými se společnosti snaží zaujmout své zákazníky a nabízet jim stále dokonalejší automobily. Jednou z těchto vlastností, které automobilu mohou dodat vyšší komfort a bezpečnost při jízdě je autonomní řízení.

Autonomní vozidla jsou velmi populárním a diskutovaným tématem. V dnešní době jeden z největších průkopníků autonomního řízení jsou společnosti Google a Tesla.

Myšlenka prvního autonomního vozidla je s námi téměř jedno století. První autonomní vozidlo bylo vytvořeno v roce 1977 v Japonsku, které dokázalo jet rychlostí 30km/h. Dnes autonomní vozidla dosahují mnohem vyšších rychlostí a zdokonalují se každým dnem.

Ke své orientaci používá různé senzory a kamery, kterými se automobil naviguje a zpracovává data. Setkáváme se s různými úrovněmi automatizace řízení. Od těch, které nám pomáhají při parkování nebo zatáčení až po ty, které nás samy drží v jízdním pruhu a plynule nás zařadí do vedlejšího pruhu, samy sjedou z dálnice a napojí se na další, udržují rozestupy mezi vozidly a zavezou nás na místo námi určené téměř bez našeho zásahu do řízení, nebo po přivolání se k nám automobil sám dostane. Při vážných situacích, jako může být náhlá srdeční příhoda, automobil zastaví u krajnice a přivolá první pomoc. [1]

1 CHARAKTERISTIKA AUTONOMNÍCH VOZIDEL

Definice autonomního vozidla není pevně dána. Existuje mnoho definic, v některých věcech se shodují a v některých rozcházejí, ale obecně můžeme říci, že autonomním vozidlem rozumíme vozidlo, které je schopno vnímat okolí a pohybovat se bez zásahu, nebo s malým zásahem člověka do jízdy. [2][3]



Obr. 1 Jízda automobilem Tesla model S vybaveným autopilotem. Tento model je považovaný za systém 2.stupně podle SAE [5]

V dnešní době můžeme rozdělit tyto automobily do tří kategorií a to autonomous vehicles (AVs), connected vehicles (CVs) a connected-autonomous vehicles (CAVs). Autonomní vozidla mají potenciál dramaticky snížit až o 90% počet nehod, které jsou zapříčiněny lidskou chybou při řízení. Vznik takové technologie zcela změní dynamiku mezi řidičem a vozidlem v nadcházejících dekáдах. Nové technologie mohou eliminovat velké množství nehod díky efektivnímu crash avoidance systému a zpříjemnit jízdu udržováním bezpečných vzdáleností mezi vozidly, kontrolou akceleraace a brždění, což činí jízdu plynulejší a zároveň snižuje spotřebu paliva. Úspěšnost zavedení těchto technologií závisí na snahách veřejných a soukromých společností a porozumění dopadu CAVs a požaduje přístup z mnoha disciplín.

Implementace CAV technologií může zvýšit bezpečnost, ve smyslu ekonomických nákladů ze zboží, služeb a ztráty produktivity, jakož i komplexní náklady odrážející se na společenských problémech jako je bolest, utrpení a ztráty života. Z výsledku lze vyvodit, že zavedení jedenácti CAV technologií, jako jsou AEB (Autonomous electrical braking, Autonomní elektronické brždění) a CICAS (Cooperative Intersection Collision Avoidance Systém). Zavedení kompletní automatizace má největší potenciál zmírnit nehody, což může být reálné až v dlouhodobém výhledu. AEB a CICAS jsou velmi užitečné technologie, které mohou být implementovány rychleji než plná automatizace.

1.1 DĚLENÍ STUPNĚ AUTOMATIZACE

Existuje dvojí dělení stupně automatizace vozidel a to podle **SAE** v roce 2014 a **NHTSA** v roce 2013. Od dělení NHTSA bylo upuštěno v roce 2016 a používá se dělení SAE. Dělení SAE bylo aktualizováno téhož roku s názvem J3016_201609. [4]

1.1.1 DĚLENÍ NHTSA

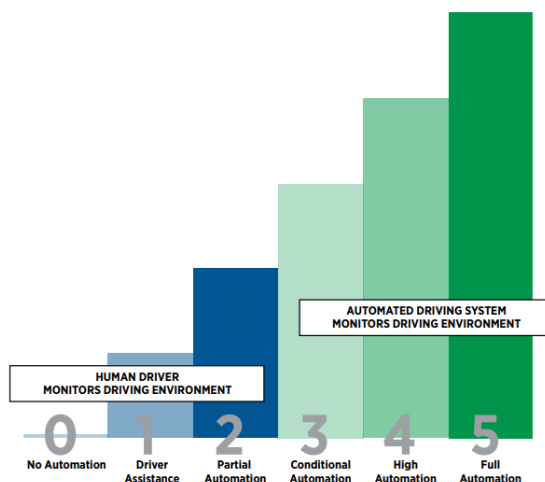
Toto dělení uvažuje 5 stupňů automatizace. Od 0.stupně po 2.stupeň mluvíme o komerčně dostupné verzi. Stupně 3. a 4. jsou technologie, které se momentálně testují. Popis těchto stupňů uvedu v tab. 1. [1]

Tab. 1 Přehled stupňů automatizace podle NHTSA [1]

STUPEŇ	KONTROLA VOZIDLA	MONITOROVÁNÍ DOPRAVY A OKOLÍ	PŘÍKLADY
0.	Řidič je plně zodpovědný za ovládání vozidla (brzdění, zatáčení, regulace plynu a hnací síly)	Řidič je plně zodpovědný; systém může řidiči poskytnout podporu skrze varování.	Varování před přední kolizí; Upozornění na vybočení z jízdního pruhu; Monitorování slepého úhlu; Automatizované stěrače; Osvětlení; Blinkry a výstražné světla
1.	Řidič má celkovou kontrolu nad vozidlem. Systém může asistovat řidiči v jednom z primárních ovládacích prvků.	Řidič je plně zodpovědný za monitorování vozovky a bezpečného provozu.	ACC; automatické brzdění (dynamické a havarijní brzdění); Udržování v pruhu; ESC
2.	Řidič má sdílenou odpovědnost se systémem. Řidič smí v určitých situacích odvézt pozornost od primárního řízení a fyzicky se odpojit od obsluhy vozidla.	Řidič je plně zodpovědný za monitorování vozovky a bezpečného provozu a musí být schopný převzít kontrolu nad vozidlem v krátké době.	ACC kombinované s udržováním pruhu.
3.	Řidič smí za určitých podmínek předat plnou kontrolu nad všemi kriticky důležitými funkcemi. Očekává se, že řidič bude schopný převzít kontrolu nad vozem v dostatečném časovém úseku.	Řidič se při předávání řízení může silně spoléhat na systém, aby sledoval provoz a prostředí i při zpětném předání řízení.	Automatizované nebo autonomní vozidlo, které se blíží práci na silnici včas upozorní řidiče, aby byl schopný plynule převzít řízení.
4.	Vozidlo provádí veškeré bezpečnostní funkce řízení a monitoruje stav vozovky po celou dobu jízdy. Ovladače budou poskytovat cílové, nebo navigační vstupy, ale neočekává se, že budou k dispozici kdykoliv během jízdy k řízení.	Systém provádí veškeré monitorování.	Auto bez řidiče.

1.1.2 DĚLENÍ SAE

Těž rozděluje automobily na škále od žádné automatizace po plnou automatizaci, s rozdílem oproti NHTSA, na 6 stupňů od 0.stupně do 5.stupně. Je tak rozděleno podle nové normy SAE J3016.



Obr. 2 Sloupcový graf zobrazující stupeň automatizace dle SAE. [6]

Dělení SAE poskytuje důkladnější specifikaci automatizace řízení široké veřejnosti o jejich povinnostech při řízení a důkladněji popisuje přechod mezi automatizací, kde musí monitorovat okolí řidič a kdy systém. Viz tab.2. [6]

VÝRAZY OBJASŇUJÍCÍ TABULKU

- **Dynamická jízdní úloha** zahrnuje aspekty operativní (zatáčení, brzdění, zrychlování a monitorování vozidla a vozovky) a taktické (reakce na události na vozovce, rozhodnutí, kdy vyměnit pruh, zatočit, použít výstražné signály, atd...), ale ne aspekty strategické (určení destinace a záchytných bodů)
- **Jízdní režim** je typ jízdního scénáře s charakteristickými jízdními požadavky (např.: rychlé napojování, udržování vysoké rychlosti, provoz na uzavřeném areálu, pohyb v dopravní zácpě)

Tab. 2 Přehled stupňů automatizace podle SAE [6]
 Přerušovaná čára značí oblast s výskytem automatického řízení
 Využívané technologie pro stupně NHTSA

STUPEŇ	NÁZEV	KONTROLA VOZIDLA	ZATÁČENÍ A AKCELERACE/BRZDĚNÍ	MONITOROVÁNÍ PROSTŘEDÍ	DYNAMICKÁ JÍZDNÍ ÚLOHA	JÍZDNÍ REŽIM
ŘIDIČ MONITORUJE PROSTŘEDÍ						
0.	Žádná automatizace	Řidič vykonává veškeré dynamické jízdní úlohy i přes upozornění nebo intervenční systém	Řidič	Řidič	Řidič	-
1.	Asistence	Úkony jízdních režimů jsou vykonávány za asistence řidiče, zatímco systém sbírá data z okolí, za předpokladu, že řidič vykoná ostatní úkony	Řidič a systém	Řidič	Řidič	Některé jízdní režimy
2.	Částečná automatizace	Úkony jsou vykonávány jedním nebo více jízdními režimy zároveň (zatačení, akcelerace/brzdění) za použití dat z okolí, kde řidič vykonává zbývající jízdní úkony	Systém	Řidič	Řidič	Některé jízdní režimy
SYSTÉM MONITORUJE PROSTŘEDÍ						
3.	Podmíněná automatizace	Všechny jízdní úkony jsou vykonávány systémem s výjimkou, když řidič vhodně zasáhne do řízení	Systém	Systém	Řidič	Některé jízdní režimy
4.	Vysoká automatizace	Všechny úkony vykonává systém, který vhodně zareaguje i bez zásahu řidiče	Systém	Systém	Systém	Některé jízdní režimy
5.	Plná automatizace	Veškeré dynamické jízdní úlohy jsou vykonávány systémem na všech silnicích a za jakýchkoliv podmínek	Systém	Systém	Systém	Všechny jízdní režimy

2 DĚLENÍ TECHNOLOGIÍ PODLE NHTSA

2.1 TECHNOLOGIE 0.STUPNĚ

SYSTÉM VAROVÁNÍ PŘED KOLIZÍ

NHTSA definuje systém varování před kolizí (Forward collision warning, FCW) jako takový, který řidiči pasivně pomáhá při jízdě při vyhnutí se srážce pomocí zvukových, vizuálních nebo haptických výstrah, případně jejich kombinací. Tento systém detekuje vozidla nacházející se před ním. K detekci vozidel využívá kamery, radary a lidary. Data ze sensorů jsou zpracována, analyzována a použita k výstrahám, pokud hrozí srážka. [1]

SYSTÉM SLEDOVÁNÍ SLEPÉHO ÚHLU

Anglicky přeloženo Blind Spot Monitoring (BSM) dělíme na aktivní a pasivní.

Aktivní BSM většinou využívá radar nebo kamery pro detekování přibližujících se vozidel. Pokud je nějaké vozidlo detekováno, systém upozorní řidiče. Typ upozornění se odvíjí od pravděpodobnosti srážky aut. S rostoucí šancí srážky dvou vozidel úměrně roste intenzita upozornění.



Obr.10 Systém BSM se světelnou výstrahou [85]

Pasivní BSM využívá přídavná zrcátka. Výrobci automobilů nabízejí možnost přidaného konvexního zrcátka v rohu zpětného zrcátka, které zvětšuje rozsah zorného pole. [1]

LANE DEPARTURE WARNING

Tato funkce je podobná funkci BSM. Systém měří rychlost a vzdálenost vozidel v sousedních pruzích a varuje řidiče, pokud by při změně pruhu mělo dojít ke střetu, nebo jinému nebezpečí. Má schopnost varovat řidiče při vybočení z jeho jízdního pruhu. V budoucnosti se předpokládá, že systém zahrne funkce, které budou například monitorovat aktivitu očí k určení ospalosti řidiče. [1]

SYSTÉM ROZPOZNÁVÁNÍ DOPRAVNÍCH ZNAČEK

Anglicky přeloženo Traffic sign recognition (TSR) je technologie, která je schopna identifikovat a ukazovat nadcházející dopravní značky, které by řidič mohl přehlédnout. Typický systém využívá kameru k detekování dopravních značek. Rozpoznávací systém určí význam značky zaznamenané kamerou a zobrazí značku. Značky se zobrazují na navigaci nebo palubní desce. Spolehlivost TSR systémů, obzvláště při vysokých rychlostech, se odvíjí od rozlišení kamery. V přirozeném prostředí se systém TSR setkává se třemi hlavními problémy a to špatným osvětlením nebo viditelností, překrývání jiným objektem a variací dopravních a silničních značek.

Systém byl poprvé vyvinut společností Mobileye v roce 2007 a dostupný je od roku 2008 v autech BMW sedmé série, kde systém využíval dvě kamery. [1]

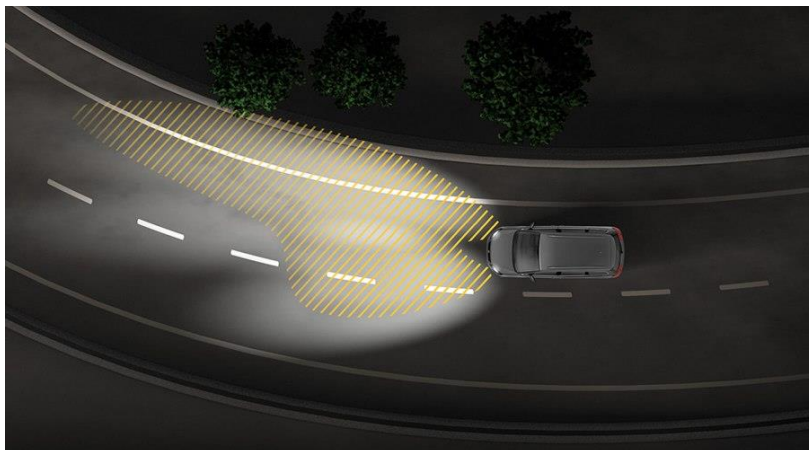
LEFT-TURN ASSIST

Ve zkratce LTA je systém používající kameru a GPS k upozornění řidičů před pokusem o odbočení vlevo do křižovatky, kde jsou podmínky nebezpečné. Když je LTA aktivní, laserové scannery instalované v přední části vozidla začnou snímat okolí pro přibližující se vozidla i motocykly ve vzdálenosti do 100m. Pokud sensor detekuje přibližující se vozidlo, systém spustí varovný signál a případně auto začne automaticky brzdit (což je prvek z 1.stupně). LTA je navrženo pro rychlosti menší než 10km/h.

Tento systém byl poprvé zveřejněn společností BMW v roce 2011 a další výzkum momentálně probíhá. Z výzkumu vyplynulo, že rozhodnutí systému pro odbočku doleva se shoduje s řidiči na 78%. [1]

ADAPTIVNÍ SVĚTLOMETY

Adaptivní světlomety mohou změnit směr a jas světla k co nejlepší konfiguraci pro daný okamžik v dopravě a okolním prostředí. Toto zajišťuje, že řidič bude mít vždy dostatečné osvětlení a zároveň minimálně zasahuje okolní řidiče. Pro tento důvod mohou adaptivní světlomety zvýšit bezpečnost na silnici. Studie vydána v roce 2012 ukazuje, že vozidla Acura, Mercedes, Mazda a Volvo, která měla systém adaptivních světlometů, měla o 5% až 10% méně nehod.



Obr.11 Provoz adaptivních světlometů při průjezdu zatáčkou [86]

Adaptivní světlomety se již široce využívají v Evropě a Japonsku a mnoho společností (např.:BMW) tuto technologii využívá. [1]

2.2 TECHNOLOGIE 1.STUPNĚ

ADAPTIVNÍ TEMPOMAT

Přeloženo do angličtiny Adaptive Cruise Control (ACC) je systém, který umožňuje vozidlu udržovat konstantní rychlost jako klasický tempomat. Pokud se blížíte při jízdě k pomalejšímu vozidlu, řidiči s klasickým tempomatem musí vozidlo zpomalit brzděním. Systém ACC je schopen detekovat rychlost pomalejšího automobilu a upravit jeho vlastní rychlost v závislosti na pomalejším. Systém udržuje mezi vozy bezpečnou vzdálenost. Pokud se pomalejší vůz nenachází před automobilem, ACC automaticky urychlí auto na požadovanou rychlost. V dnešní době většina vozů využívá radar a laser, který není tolik využíván a digitální procesor signálů k určení vzdálenosti a rychlosti jedoucího vozu před ním. [1]

Systémy ACC byly poprvé vydány na začátku 21.století, kdy se používaly lasery a radary zároveň. V dnešní době se používají radary kvůli jejich stálosti měření i v nepříznivém počasí. Nicméně i radar má své limity a to v těžkém dešti či sněhu, kdy se systém ACC vypíná. [1]

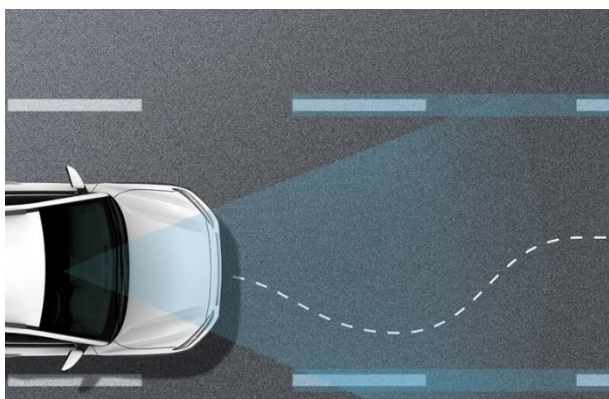
AUTOMATICKÉ NOUZOVÉ BRZDĚNÍ

Přeloženo do angličtiny Automatic Emergency Braking (AEB) má potenciál značně snížit počet srážek pomocí automatického brzdění, pokud systém detekuje možnou srážku. AEB je tvořeno senzory, které sledují okolí a třídí objekty v jejich dohledu. Na základě dat ze senzorů systém vozidlo zabrzdí dle potřeby.

Studie analyzovaných dat, které zahrnují trajektorie, rychlosti, brzdné dráhy a místa kolizí ze 103 zemí světa ukázala, že AEB technologie jsou schopny redukovat rychlosti nárazu nevyhnutelných srážek, taktéž zabránit řadám srážek. Předpokládá se, že systém AEB by mohl zabránit 54% veškerých neúmyslných havárií pro chodce, 63% všech havárií zadní části vozu a 22% všech přímých nehod na pevných předmětech. Tyto výsledky silně indikují, že aplikace AEB systému by snížila počet nehod zahrnující chodce, kolize při couvání a kolize s objekty signifikantně. [1]

SYSTÉM UDRŽOVÁNÍ V JÍZDNÍM PRUHU

Anglicky přeloženo Lane Keeping je technologie, která brání opuštění jízdního pruhu na rychlostních silnicích. Systém je navržen, aby fungoval jako bezpečnostní pomůcka než hands-free mechanismus systém elektronicky ovládne volant k udržení se v pruhu. Využívají se technologie Lane-centering a Lane-keeping. Lane-centering k orientaci využívá kameru umístěnou na čelním skle nebo pod automobilem, kde sleduje jízdní pruhy.



Obr.3 Lane keeping assist, Hyundai [8]

Dokáže rozpoznat pruhy bílé i žluté. Pokud kamera zaznamená, že řidič chce vybočit z jízdního pruhu aniž by použil blinkr, systém upozorní řidiče varovným signálem a vozidlo vrátí zpátky na střed jízdního pruhu. Elektronické zatáčení může řidič přebrat a zatáčet sám.

Tato technologie má řadu limitací. Kamery využívají spektrum viditelného světla a vyžadují jasně viditelné značení na silnici ke správnému fungování. Snížená viditelnost a nedostatek světla jsou též hlavními obavami. Navíc systém má minimální rychlost pro fungování. [1]

ELEKTRONICKÁ KONTROLA STABILITY

Ve zkratce ESC (Electronic Stability Control) je nejspíše nejvíce přínosná technologie k dnešnímu dni. Je to rozšíření technologií ABS a kontroly trakce. ESC je jedna z hlavních aktivních bezpečnostních systémů (což znamená, že se snaží nehodě vyhnout než zabránit zranění při nehodě). Systém je navržen tak, aby zajistil, že řidič může vždy mít plnou kontrolu nad vozidlem. Snaží se zabránit smykům a převracení, které se mohou často vyskytnout při vysokorychlostních manévrech nebo na kluzkých cestách v deštivých dnech. Systém ESC pracuje měřením vstupu řízení a porovnáváním s úhlem vychýlení (to znamená, jak moc vozidlo zatočilo) Pokud jsou tyto hodnoty rozdílné, pak ESC automaticky použije brzdy na požadované kolo nebo kola podle potřeby, aby se vozidlo pohybovalo požadovaným směrem. Pokud bude zapotřebí, systém může snížit výkon motoru, aby nedošlo k prokluzu.

ESC má významný vliv na bezpečnost. V roce 2011, zpráva od USDOT uvedla, že množství smrtelných nehod ve všech autonehodách klesla o 23% u vozidel s ESC. Mimoto množství smrtelných nehod jediného automobilu klesla o 55%. Ve studii bylo též poznamenáno, že ESC je prospěšné ve všech prostředích, hlavně tam, kde dochází ke zasněžení a namrzání vozovky. Bohužel nemůžeme přehlédnout fakt, že velice malé množství nehod může být zapříčiněno touto korekcí od ESC.

Od roku 2012 všechna nová vozidla v USA pod 4,5tuny a v Evropě od roku 2014 jsou povinny tento systém mít ve své výbavě. Když vezmeme v úvahu, že životnost auta je zhruba 20let, můžeme čekat, že každé auto bude mít ESC okolo roku 2030. Nicméně tuto technologii bude mít většina aut po roce 2020. [1] [7]

RODIČOVSKÁ KONTROLA

Tento systém slouží ke zvýšení bezpečnosti náctiletých řidičů nebo začátečníků. Systém je navržen tak, aby snížil risk a závažnost nehod za použití různých technologií, které kontrolují řidičovo chování na silnici.

První systém rodičovské kontroly byl představen společností Ford v roce 2015. Systém zahrnuje funkce jako omezení rychlosti, kterou lze nastavit na hodnotu 126km/h .Dále dálkové ovládání hlasitosti rádia; systém připomenutí pásu, který může vypnout rádio na několik vteřin a upozornit řidiče; upozornění na nízkou úroveň paliva dříve než je normální hodnota pro výstrahu; upozornění při rychlostech 72, 88, 104km/h. Tento systém by měl nové řidiče naučit bezpečné jízdě. Tato funkce je ještě relativně nová, takže nemáme dostatek dat na analýzu tohoto systému a jeho účinnosti. Nicméně se dá čekat, že tato funkce bude vydávána i jinými společnostmi v blízké budoucnosti. [1]

2.3 TECHNOLOGIE 2.STUPNĚ

V porovnání s technologiemi 0.stupně a 1.stupně, systémy 2. a 3.stupně umožňují větší kontrolu nad vozidlem a rozhodování se.

TRAFFIC JAM ASSIST

Ve zkratce TJA funguje na omezeně přístupných dálnicích při nízkých rychlostech. Tento systém převezme plnou kontrolu v podélném a bočním směru v přetížených podmínkách. Řidič jen dohlíží nad vozidlem v této chvíli, ale je zodpovědný za řízení vozidla, takže musí být schopný zasáhnout do jízdy. [1]

VYSOKORYCHLOSTNÍ AUTOMATIZACE

Společnost General Motors popsala „super cruise“ systém s jednou možností poskytující ACC přes škálu všech rychlostí ve spojení s lane-keeping technologií. Pro snímání jsou využívány kamery a radary. Systém má schopnost automaticky zatáčet, zrychlovat a brzdít v dálničním provozu. Řidiči smí pustit volant z rukou, dokud nebude chtít přejet do sousedního pruhu nebo kdy systém nebude dále zvládat snímat poškozené silnice či při náhlé situaci na vozovce. [1]

AUTOMATIZOVANÁ POMOC PŘI PRÁCI NA SILNICÍCH A PŘEPLNĚNÉ DOPRAVĚ

Jedním ze systémů evropského projektu HAVEit byla automatizovaná pomoc při práci na silnici a přeplněné dopravě. Cílem tohoto systému je umožnit automatickou jízdu přes oblast pozemních prací tak, aby pomáhala řidiči v situacích vyžadující zvýšené opatrnosti, jako mohou být zúžené uličky. Též zvažuje možnost, že dopravní značení na silnici není dokonalé a využije místo něj okolní předměty, vozidla a stěny k orientaci. [1]

2.4 TECHNOLOGIE 3.STUPNĚ

Řidič nemusí sledovat vozovku při konvenčních situacích. Pokud by řidič musel převzít kontrolu nad vozem, systém řidiči poskytne dostatečnou dobu na přebrání řízení.

ON-HIGHWAY PLATOONING

V koloně mohou vozidla mít menší rozestupy než za normálních situací. Tato technologie umožňuje řidiči řídit vedoucí vozidlo kolony, kde následující vozidla, tvořící kolonu jsou, typu AV (autonomní vozidla). Prototyp této technologie byl poprvé vytvořen v evropském projektu SARTRE (Safe Road Trains for the Environment) který používal automobily a nákladní vozy značky Volvo. Společnost PATH též demonstrovala tuto technologii v Kalifornii. [1]

AUTOMATIZOVANÝ PROVOZ PRO VOJENSKÉ APLIKACE

Armáda Spojených Států Amerických sponzorovala systém autonomní dopravy. Tento program byl navržen pro modernizaci existujících vojenských vozidel s řadou prvků aktivní bezpečnosti po plnou automatizaci 3.stupně. Cílem tohoto projektu bylo umožnit vojenským vozidlům se pohybovat po jakémkoliv typu vozovky a off-roadu s řidičem nebo bez řidiče, který má nad vozidlem plnou kontrolu. [1]

2.5 TECHNOLOGIE 4.STUPNĚ

GOOGLE'S DRIVERLESS CAR

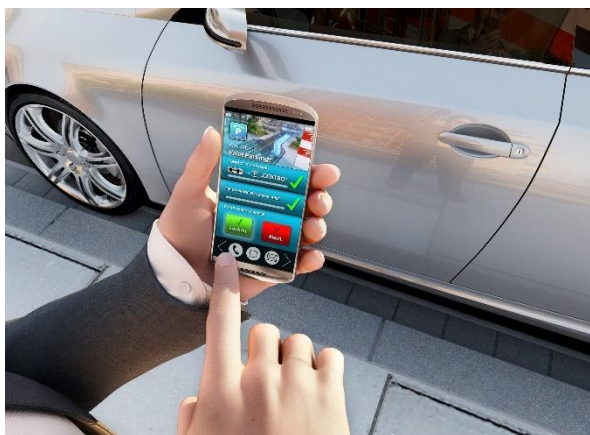
V květnu 2014 představila společnost Google prototyp automobilu bez řidiče, které nemá pedály ani volant. V prosinci 2014 vydala plně funkční prototyp a naplánovala testovací jízdu v okolí San Francisca na začátek roku 2015. Podle nejnovějších hlášení vozidlo stále potřebuje řidiče, který bude dohlížet na bezpečnost jízdy a musí být schopen zasáhnout do řízení. Tato vozidla nebyla vypuštěna do provozu při silných deštích či sněhu. Automobil převážně závisí na předprogramované trase, takže nedokáže rozpoznat světelné značení. Lidar technologie nedokáže rozpoznat výmoly nebo lidi, kteří signalizují zastavení auta. Společnost Google plánuje tyto problémy vyřešit do roku 2020. [1]

KILL SWITCH

Též známe jako „Pojistka mrtvého muže“ je bezpečnostní prvek, který je instalován tak, aby „řidiči“ umožnil přerušit provoz vozidla v případě nouze či neschopnosti řidiče řídit. Nejčastěji se tento prvek využívá v železničním průmyslu ve formě páky nebo pedálu, který musí být stále v kontaktu s rukou či nohou, kde při puštění pedálů či sundání nohy z plynu systém upozorní řidiče a pomalu začne vozidlo zpomalovat až do úplného zastavení. Využití ve vlacích je oproti vozidlu mnohem lehčí. Kill switch pro vozidlo je mnohem komplikovanější. [1]

AUTOMATICKÁ PARKOVACÍ SLUŽBA

Týká se technologie určení k asistenci nebo úplnému provedení úkonu parkování. V posledních letech luxusní vozy přidaly tuto možnost do svých vozů. Tato technologie pomáhá uživateli najít parkovací místo a přebírá kontrolu nad plynem, brzdami a volantem které používá pro zaparkování vozidla.



Obr.4 Řidič může použít funkci Remote Valet Parking Assistant, která auto sama zaparkuje [9]

Společnost BMW vyvinula sofistikovanější verzi s názvem „Remote Valet Parking Assistant“. Tato funkce po řidiči požaduje pouze příjezd na parkoviště. Zde stačí z vozidla vysednout a dát auto příkaz, aby se zaparkovalo. Po zaparkování řidič obdrží upozornění na svůj telefon, že vozidlo bylo úspěšně zaparkováno. Když je řidič připraven odjet, stačí vozu dát příkaz a automobil se dopraví na naši pozici. BMW uvedlo, že jejich technologie nevyžaduje drahé změny infrastruktury stávajících garáží. [1]

3 PŘEHLED SNÍMAČŮ

Autonomní vozidla využívají řadu snímačů jako kamery, radary, lidary, GPS a jiné. V této kapitole je popsán každý z užívaných snímačů.



Obr.5 Vizualizace použití různých snímačů při provozu [17]

3.1 RADAR

Radar je anglický akronym pro **R**adio **D**etection and **R**aging, do češtiny přeloženo „Rádiové rozpoznávání a zaměřování“. Je to zařízení určené k vyhledávání cílů nebo jejich identifikaci. [12]



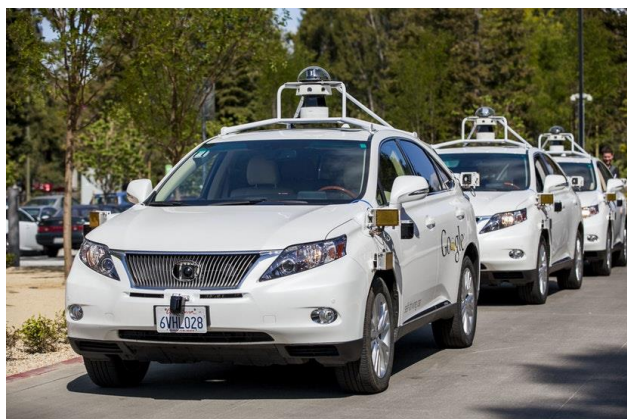
Obr. 16 Radarový senzor Ainstein K-79 s rozměry 171mm x 125mm x 35,6mm [95]

3.1.1 OBECNÝ PRINCIP

Mikrovlnná energie je vysílána v impulzech o určitém výkonu na určité frekvenci (typicky jednotky MHz pro dlouhé dosahy až po desítky GHz pro krátký dosah). Vyslané vlny se při šíření prostorem odráží od objektů, které jsou charakteristické tzv. RCS neboli efektivní odraznou plochu. Takovým objektem může být letadlo, člověk, strom, mrak a v našem případě auto. Vzdálenost detekovaných objektů je určována pomocí časové korelace vyslaného a přijímaného signálů. [12]

3.2 LIDAR

Lidar je sledovací metoda, které měří vzdálenost k cíli pomocí pulzujícího laseru a odražené pulzy od povrchu senzorem. Rozdíly v čase pro návrat paprsku a změny vlnových délek mohou být použity k vytvoření digitálních 3D modelů. Lidar je název převzatý z anglického akronymu „Light detection and ranging“. Lidar známe též pod názvy 3D scan nebo laser scanning. [13]



Obr.9 Autonomní vozidla společnosti Google s rotujícím LIDARem na střeše. [84]

3.2.1 LIDAR V AUTONOMNÍCH VOZIDLECH

Autonomní vozidla využívají lidar k detekci a vyhnutí se překážkám, aby mohla být zajištěna bezpečná přeprava. Je použito rotujících laserových paprsků. Software pracuje s mapami vytvořenými lidarem, ze kterých vyvodí, kde se nacházejí potenciální překážky a kde se automobil zrovna nachází. Singapurská aliance SMART (Singapore-MIT Alliance for Research and Technology) vyvíjí technologie pro autonomní vozidla využívající lidar. První generace automobilů využívající ACC systém používaly lidar. Společnosti vyrábějící lidary jsou společnosti Sick a Hokuyo. [10][11]

3.3 SONAR

Sonar (z anglického akronymu **SO**und **N**avigation **A**nd **R**anging – zvuková navigace a zaměřování) je zařízení na principu radaru, které místo rádiových vln používá ultrazvuk. Především se používá pro aplikace ve vodě (ponorky), protože rádiové vlny mají pod vodou výrazně menší dosah než na souši a (ultra)zvuk naopak větší. Velmi významné použití dostaly sonary také ve zdravotnictví jakožto jedna z neinvazivních vyšetřovacích metod. [15]



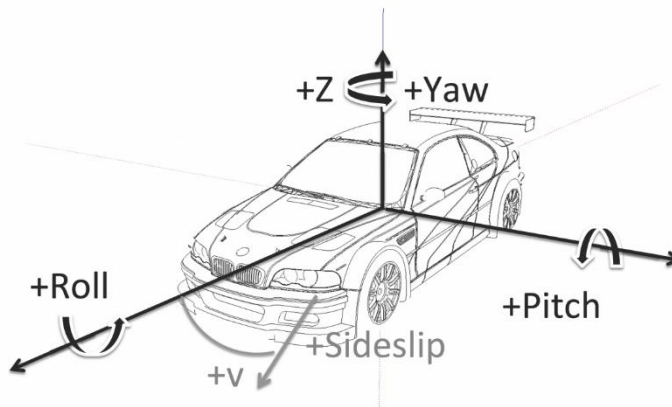
Obr.17 Sonar Bosch vážící 14g [96]

3.4 GPS

Global Positioning Systém, česky Globální polohový systém, zkráceně GPS, je vojenský globální družicový polohový systém provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických. V civilním sektoru je možné určit polohu pomocí GPS na přesnost asi 5 metrů a také čas s přesností na jednotky nanosekund. Přesnost lze zvýšit pomocí dalších metod až na jednotky centimetrů za předpokladu, že není v nadmořské výšce vyšší než 18km a nepohybuje se rychleji než 2000km/h. V roce 2018 byl na trh uveden první čip, který umí využívat kromě signálu L1 též signál L5, který umožňuje určit pozici s přesností až na 30cm a první telefon využívající byl Xiaomi Mi 8. [15][16]

3.5 IMU

Internal measurement unit, do češtiny přeloženo jako vnitřní měřicí jednotka je elektronické zařízení, které měří výsledné specifické síly, úhlové rychlosti a někdy i magnetické pole za pomoci kombinace akcelerometru gyroskopu, někdy také magnetometru. Tyto veličiny měří



Obr.6 Zobrazené osy měřené pomocí IMU [23]

lineární akceleraci ve třech osách a rotaci kolem tří os, tudíž má IMU šest stupňů volnosti, také můžeme označit jako 6DOF.

Zařízení IMU je typicky využíváno při manévrování letounů, včetně bezpilotních vzdušných prostředků (UAVs), kosmických lodí jakými jsou třeba satelity a také autonomní vozidla. Toto zařízení má schopnost navigovat řidiče, kde není možné zachytit signál GPS například v tunelech, budovách, nebo při rušení signálu. Bezdrátová IMU lze označit zkratkou WIMU (Wireless Internal measurement unit). [18][19][20][21]

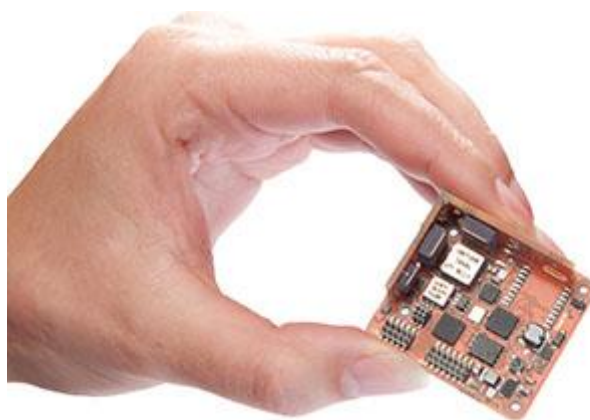
Použití IMU v autonomních vozidlech má tu výhodu, že nemusí být propojeno s okolím. Zařízení IMU v automobilech nepoužívá magnetometr kvůli lokálnímu magnetickému poli okolo automobilu a magnetickým polím okolních automobilů. IMU doplňuje „lokalizační“ data. Software, který zajišťuje řízení vozidla, zkombinuje data ze všech senzorů, která mu řeknou, co se kolem něj nachází.

Jak již bylo zmíněno, IMU dokáže dočasně nahradit funkci GPS. IMU se ale též využívá při výpadku ostatních senzorů, jako mohou být lidary, radary či kamery. IMU může řídit po krátké časové období, což znamená, že to může stručně určit plnou pozici a postoj nezávisle. IMU

používané pro autonomní vozidla mají typicky přesnosti mnohem menší než 1 mG (10^{-3} G) pro jejich akcelerometry a mnohem méně než $10^\circ / \text{h}$ pro jejich snímače úhlové rychlosti. Z hlediska polohy to znamená, že IMU může sledovat polohu vozu po dobu 10 sekund až s přesností 30 cm.

Samotná IMU může vozidlo řízeným způsobem zpomalit a zastavit, což poskytuje prakticky nejlepší výsledek v nebezpečné situaci. I když se to může zdát jako vymyšlený požadavek, ukazuje se, že je zásadní pro správný bezpečnostní postup.

Přesný IMU může také přesně určit pozici na vozovce. Při jízdě je směr vozidla stejně důležitý, jako je jeho poloha. Jízda v mírně špatném směru, dokonce i krátce, může vést vozidlo do nesprávného jízdního pruhu. Dynamické řízení vozidla vyžaduje senzory s dynamickou odezvou. Jeho zcela nezávislá povaha prostředí umožňuje pozici IMU sledovat i v složitých scénářích, jako je prokluz či smyk, kde pneumatiky ztrácejí trakci.



Obr.18 IMU [97]

IMU je klíčový dynamický senzor, který poskytuje systému informace o jeho pohybu a poloze, umožňující přesnost větší než 30cm při výpadku ostatních senzorů. Průměrný řidič má přesnost zhruba 10cm.

Tesla je známá svou autopilotní technikou „No Lidar Required“. V systémech, kde chybí Lidar, je dobrá IMU ještě kritičtější. U kamer hrozí, že nebudou schopny získávat informace z okolí jak kvůli špatnému počasí tak nedostatečnému osvětlení.

Kombinace vysoce přesných lidarů a map s vysokým rozlišením je jádrem nejpokrokovějších přístupů autonomních vozidel 4.úrovně, jako jsou ty, které testují Cruise a Waymo. V těchto systémech je skenování lidarů přizpůsobeno HD mapě v reálném čase pomocí konvolučních technik zpracování signálů. Na základě shody systém odhadne přesnou polohu vozidla a jeho postoj. Tento proces je finančně nákladný. I když všichni rádi věříme, že náklady na výpočetní techniku jsou nepatrně malé, na vozidle to prostě není tak levné. Čím přesněji algoritmus zná svou počáteční polohu a směr, tím méně výpočtů je zapotřebí pro výpočet nejlepšího výsledku.

V dnešní době vyrobená vozidla používají levné jedno-frekvenční GPS přijímače, které činí přesnost GPS v podstatě nepoužitelnou pro automatizaci vozidel. Nicméně levné multi-frekvenční GPS přijímače jsou vyvíjeny. Navíc síťová korekční schémata, jako jsou RTK a PPP, mohou poskytnout GPS fixy na přesnost centimetrů za ideálních podmínek.

Nicméně stromy, mosty a budovy mohou zhoršit přesnost těchto technik. Spolehlivost GPS se zlepšuje použitím vysoce přesných IMU na nízké úrovni v polohovém schématu.

Ukazuje se, že automobily již mají systém závislý na IMU v rozsahu 33% až 100%. Stabilita vozidla silně závisí na gyroskopické složce osy-z a laterálních akcelerometrů os x a y. Detekce převrácení je založena na gyroskopu připevněna svou citlivou osou ve směru jízdy. Tyto senzory jsou součástí bezpečnostního systému vozidel více než deset let. Jediný problém snímače je ten, že jeho přesnost je příliš nízká pro autonomní vozidla.

Existuje tedy argument pro modernizaci vozidla na vysoce přesný IMU, který mu může pomoci řídit autonomně. Hlavní překážkou pro tuto myšlenku je cena. [22]

3.6 KAMERA

Kamera je optický přístroj pro záznam statických snímků nebo pro záznam pohyblivých obrazů, které jsou uloženy ve fyzickém médiu, například v digitálním systému nebo fotografickém filmu. Kamera se skládá z objektivu, který zaostřuje světlo z okolí. Dále se skládá z těla, které drží celý mechanismus pohromadě.



Obr.7 Tři kamery na vozu Tesla [83]

Probíhá velká diskuze o nejlepším senzoru, který se dá využít pro autonomní vozidla. Existují dva úhly pohledu, jeden je využívání kamery a druhý je využívání lidarů. Hlavním zastáncem je Elon Musk, vlastník Tesly, který říká, že kamery mají mnohem větší potenciál oproti lidarům. Momentálně použití lidarů je z hlediska bezpečnosti lepší volbou, laser je přesný, dokáže pracovat i za zhoršených podmínek a je spolehlivější. V dnešní době je možné vytvořit bezpečnostní systém, který by pracoval na lidarů.

Nevýhodou lidarů je, že z něj nedokážeme získat velké množství dat. Pokud přirovnáme kameru a naše oči, náš zrak pokrývá 80% přijímaných informací z našich smyslů. Kamery jsou schopné nám dodat mnohem více informací. Pro vytvoření umělé inteligence by bylo nejlepší využívat kamery pro jejich schopnost dodávat více informací, ze kterých se může umělá inteligence zdokonalovat. Aby tato technologie pracovala správně, pro vývoj je zapotřebí ohromné množství dat. Tato metoda je sice spíše futuristická, ale je jen otázkou času. Elon Musk tvrdí, že tato technologie bude dostupná a funkční příštím rokem. Ostatní tvrdí, že spíše za 5-20let.

4 HISTORIE

4.1 20.LÉTA

V roce 1925 společnost Houdina Radio Control předvedla rádiově ovládané vozidlo s názvem „American Wonder“ v ulicích New Yorku v dopravní špičce. Jednalo se o vozidlo Chandler 1923, které bylo vybaveno anténou, přes kterou bylo ovládáno druhým vozidlem, které jej následovalo a vysílalo rádiové impulsy, které byly touto anténou zachyceny. Anténa převedla signál do jističů, které ovládaly malé elektromotory, které řídily každý pohyb vozu.

Společnost Achen Motor z Milwaukee, USA předvedla podobné vozidlo pod názvem „Phantom auto“ v prosince 1926. [25]

4.2 30.LÉTA

Časná prezentace automatizovaného řízeného automobilu Normana Bel Geddes s názvem „Futurama“, který byl sponzorován společností General Motors na světovém veletrhu roku 1939 představovala rádiově řízené automobily, které byly poháněny elektromagnetickým polem vytvořené okruhem vloženým ve vozovce.

Bel Geddes později představil svou vizi ve své knize Magické dálnice (1940), prosazující pokroky v konstrukci dálnic a dopravě, předpovídající mezistátní dálniční systém. Dále ve své knize řešil otázku, že lidé by měli být odstraněni z procesu řízení a předpokládal, že jeho vize se stane realitou roku 1960. [26]

4.3 50.LÉTA

V roce 1953 společnost RCA Labs úspěšně postavila miniaturní vůz, který byl veden a řízen dráty, které byly položeny ve vzoru na podlaze laboratoře. Tento systém inspiroval Lelanda M. Hancocka, dopravního inženýra na ministerstvu silnic Nebrasky, a jejího ředitele L.N. Ressa, státního inženýra. Bylo rozhodnuto experimentovat se systémem ve skutečných silničních instalacích.

V roce 1957 byl tento systém představen společností RCA Labs spolu se státem Nebraska na 120m dlouhé veřejné silnici na křižovatce tras USA 77 a Nebraska Highway 2, poté nedaleko od města Lincoln kde úspěšně prokázali funkčnost plného systému. Pod chodníky u kraje cest byly zakopány detektorové obvody, které v sobě měli řadu světel. Obvody detektoru byly schopny vysílat impulsy pro vedení vozu a zjistit přítomnost a rychlost jakéhokoliv kovového vozidla na jeho povrchu. Předchozí experimentální instalace systému v září 1954 podél US Route 79 a US Route 75 v Cass County, Nebraska byla využita jako experimentální dopravní čítač. Ten byl vyvinut ve spolupráci s General Motors, kde spárovali dva standartní modely s vybavenými rádiovými přijímači, slyšitelných a vizuálních výstražných zařízení, které byly schopny simulovat automatické řízení, zrychlování a brzdění.[27][28]

To bylo dále demonstrováno 5.června 1960 v ředitelství RCA Labs v Princetonu, New Jersey, kde reportéři měli povoleno „řídít“ automobily. Komerencializace systému se předpokládala v roce 1975. [29][30]

Také během padesátých a šedesátých let, společnost General Motors představila experimentální řadu automobilů Firebirds, která měla „elektronický naváděcí systém, který řidiče prožene přes dálnici, zatímco bude moci relaxovat“.

4.4 60.LÉTA

V roce 1960 zahájila Laboratoř komunikačních a řídicích systémů Státní univerzity v Ohiu projekt na vývoj automobilů bez řidiče, které byly aktivovány elektronickými zařízeními zabudovanými do vozovky. Vedoucí projektu Dr. Robert L. Cosgriff v roce 1966 tvrdil, že systém by mohl být připraven k instalaci na veřejné komunikaci do 15let. [32]



Obr.8 Automobil Firebird III General Motors, 1962 [31]

V časných šedesátých letech Kancelář veřejných silnic zvažovala experimentální stavbu elektronicky řízené dálnice. Čtyři státy (Ohio, Massachusetts, New York a Kalifornie) byly nabídnuty pro tuto stavbu. [33] V srpnu 1961 Popular Science mluvila o Aeromobilu 35B. Bylo to vozidlo, které pod sebou vytvářelo vzduchové polštáře (ACV-Air-cushion vehicle), vytvořeno Williamem Bertelsenem a dále vystavováno jako budoucnost dopravního systému se samořídícími vznášejícími se vozidly, které by mohly dosáhnout rychlostí až 2400km/h.

Během šedesátých let Dopravní a výzkumná laboratoř Spojeného království testovala automobil bez řidiče Citroen DS, který interagoval s magnetickými kabely, které byly vloženy do silnice. Automobil byl testován při rychlostech 130km/h bez jakékoli deviace jak směru tak rychlosti za jakéhokoliv počasí a byl daleko přesnější než řízen člověkem. Výzkum pokračoval v 70.letech s tempomatem aktivovaným signály v kabeláži pod silnicí. Podle provedených analýz nákladů a přínosů by přijetí systému na britských dálnicích bylo splaceno do konce století, zvýšení kapacity silnic o nejméně o 50% a snížení počtu nehod přibližně o 40%. Financování těchto experimentů bylo staženo v polovině 70.let. [34][35][36]

Také během šedesátých a sedmdesátých let Bendix Corporation vyvinula a otestovala automobily bez řidiče, které byly ovládány a kontrolovány zakopanými kabely s vedlejšími komunikátory, které přenášely zprávy z počítače. Stanford demonstroval svoji umělou inteligenci Laboratory Cart, což byl malý kolový robot, který se omylem sám navigoval na nedalekou silnici.

Předběžný výzkum inteligentní automatizované logiky potřebný pro autonomní vozidla byl prováděn v laboratoři koordinované vědy univerzity Illinois v první polovině sedmdesátých let.

4.5 80.LÉTA

V osmdesátých letech robotická, vizuálně řízena dodávka Mercedes-Benz navržena Ernstem Dickmannem a jeho týmem na Mnichovské univerzitě dosáhla rychlosti 63km/h v ulicích bez dopravy. Následně EUREKA provedla v letech 1987 až 1995 projekt Prometheus o autonomních vozidlech ve výši 749 mil.€. [38]

Ve stejném desetiletí projekt DARPA využil nových technologií vyvinutých Univerzitou Marylandu, Carnegie Mellon a Institutem environmentálního výzkumu v Michiganu, Martinem Mariettou a SRI International. Projekt ALV (Autonomous land-driven vehicle) byl první testovaný automobil využívající lidar, počítačové vidění a autonomní robotické řízení k řízení robotického vozidla rychlostí až 31km/h. V roce 1987 HRL Laboratories (dříve Hughes Research Labs) demonstroval první off-road jízdu založenou na senzorech autonomní navigace na ALV. Vozidlo urazilo přes 600m při rychlosti 3,1km/h na členitém, kamenitém povrchu porostlém vegetací. V roce 1989 univerzita Carnegie Mellon propagovala použití neuronových sítí k řízení autonomních vozidel, což tvoří dnešní základy. [37]

4.6 90.LÉTA

V roce 1991 kongres Spojených států odsouhlasil přepravní návrh zákona ISTEA, který instruoval USDOT k demonstrování automatizovaného vozidla a dálničního systému k roku 1997. Federální správa silnic převzala tento úkol nejprve sérií analýz prekurzorových systémů a poté založením NAHSC (National Automated Highway System Consortium). Tento sdílený projekt byl veden FHWA a General Motors s Caltrans, Delco, Parsons Brinkerhoff, Bechtel, UC-Berkeley, Univerzita Carnegie Mellon a Lockheed Martin jako další partneři. Rozsáhlá systémová inženýrská práce a výzkum vyvrcholily v Demo roku 1997 na I-15 v San Diegu v Kalifornii, ve kterém bylo asi 20 automatizovaných vozidel, včetně automobilů, autobusů a nákladních automobilů, které byly ukázány veřejnosti o tisících návštěvníků, což přitáhlo značnou pozornost médií. Ukázky se týkaly blízkých dálnic určených k provozu v segregované dopravě, stejně jako vozidel „volných agentů“ určených k provozu ve smíšeném provozu. Ostatní výrobci automobilů byli vyzýváni, aby ukázali své systémy. Zúčastnili se také společnosti Toyota a Honda. Zatímco následným cílem bylo vytvořit systémový návrh na podporu komercializace, program byl zrušen koncem 90.let z důvodu zpřísnění rozpočtů na výzkum v USDOT. Celkové financování programu bylo v rozmezí 90mil. USD. [39]

V roce 1994 dvě robotická vozidla VaMP a Vita-2 společnosti Daimler-Benz a Ernst Dickmanns z UniBwM řídila více než 1000km na tříproudé dálnici v Paříži ve standartním silném provozu rychlostí až 130km/h, i když semi-autonomně s lidskými zásahy. Předvedla autonomní jízdu ve volných jízdních pruzích, jízdu konvojů a změny jízdních pruhů s autonomním předjetím jiných vozů. Ve stejném roce Lucas Industries vyvinul části pro semi-autonomní vozidlo v projektu, který byl financován britskou společností Jaguar spolu s Britským ministerstvem obchodu a průmyslu. [40][41]

V roce 1995 projekt univerzity Carnegie Mellon s názvem Navlab dokončil 5000km dlouhou cestu napříč státy, která byla z 98,2% autonomně řízena. Tento projekt se též nazýval „No Hands Across America“ což je do češtiny přeloženo jako „žádné ruce napříč Amerikou“. Toto auto však bylo ze své podstaty částečně autonomní: používalo neuronové sítě pro ovládání volantu, ale plyn a brzdy byly ovládány člověkem kvůli bezpečnostním důvodům. Také v roce 1995 Dickmannsova upravená autonomní řada S-Class Mercedes-Benz podnikla 1590km dlouhou cestu z Mnichova do Kodaně a zpět pomocí sakadického počítačového vidění a transputerů pro reakci v reálném čase. Robot dosahoval rychlost přesahující 175km/h na německé dálnici, přičemž průměrná doba mezi zásahy člověka byla 9km, nebo 95% autonomní jízdy. Automobil jel v provozu a prováděl manévry, aby mohl předjet jiné automobily. Navzdory tomu, že se jedná o výzkumný systém bez důrazu na spolehlivost na dlouhé vzdálenosti, automobil ujel až 158km bez zásahu člověka.

4.7 ZAČÁTEK 21.STOLETÍ

Vláda Spojených Států Amerických financovala tři vojenské projekty známé jako Demo I (US Army, Demo II (DARPA) a Demo III (US Army). Demo III (2001) demonstrovala schopnost pozemních bezpilotních vozidel navigovat se několik kilometrů terénem, kde se muselo vyhýbat překážkám, jako jsou kameny či stromy. James Albus z National Institute of Standards and Technology poskytl kontrolní systém pracující v reálném čase. Nejen že jednotlivá vozidla byla kontrolována, ale skupiny vozidel měly své pohyby automaticky koordinovány v reakce na své cíle. [42]

V prvním Grand Challenge, který se konal v březnu roku 2004, nabídla agentura DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) 1mil.USD každému týmu robotických inženýrů, který vytvoří autonomní vůz, který bude schopen ujet 240km dlouhou dráhu v poušti Mojave. Žádný tým inženýrů úkol nedokázal splnit. [43]

V říjnu roku 2005 se konal druhý Grand Challenge v pouštním prostředí, kde byly umístěny GPS body a překážky byly předem známy. Tento úkol splnilo pět vozidel. [44]

V listopadu 2007 DARPA opět sponzorovala již třetí Grand Challenge, ale tentokrát prostředí nebylo pouštní, ale událost byla přesunuta do městského prostředí. V tomto závodě obsadil první místo automobil Chevy Tahoe 2007 z univerzity Carnegie Mellon. DARPA jako cenu poskytla studentům a výzkumným pracovníkům nabídku ve výzkumném projektu týkající se autonomních automobilů s cílem snížit zátěž dopravních problémů jako jsou dopravní zácpy a dopravní nehody, které stále častěji vyskytují v městských lokalitách. [44]

V lednu 2006 společnost Think-tank ze Spojeného Království zveřejnila zprávu, která předpovídala, že na britských silnicích do roku 2056 budou vozy bez řidičů označeny RFID. Královská akademie strojírenství tvrdila, že kamiony bez řidiče by mohly být na britských dálnicích do roku 2019. [45][46]

V roce 1996 Willie Jones uváděl, že mnozí autoři považují autonomní technologii za součást svého výzkumu ročně. Tvrdil, že: “V květnu 1998 se Toyota stala prvním výrobcem, který představil systém ACC (Adaptive Cruise Control) na výrobním vozidle, který představil laserový systém pro svůj kompaktní luxusní sedan Progres, který se prodával v Japonsku“.

Autonomní vozidla byla také použita v těžbě. V prosinci 2008 začala společnost Rio Tinto Alcan testovat systém Komatsu Autonomous Haulage System, což byl první komerční autonomní systém pro těžební dopravu na světě, který se testoval v těžebním dole železné rudy Pilbara v západní Austrálii. Společnost Rio Tinto uvádí výhody v oblasti zdraví, bezpečnosti a produktivity. V listopadu 2011 podepsal Rio Tinto dohodu o značném rozšíření vozového parku bez řidičů. [47]

Společnost Google začala v roce 2009 vyvíjet své autonomní automobily. Tento vývoj probíhal pod velkým utajením do nedávna, kdy se tento projekt stal veřejně známým. [48]

4.8 10.LÉTA 21.STOLETÍ

Mnoho významných výrobců automobilů, včetně General Motors, Ford, Mercedes Benz, Volkswagen, Audi, Nissan, Toyota, BMW a Volvo, testují autonomní systémy od roku 2013, s výjimkou BMW, kteří testují od roku 2005. V roce 2010 Audi vyslala svůj autonomní automobil Audi TTS na vrchol Pike's pike v rychlostech blížících se závodním. V roce 2011, GM vytvořil EN-V (elektrické síťové vozidlo) autonomní elektrické městské vozidlo. V roce 2012 Volkswagen testoval systém TAP (Temporary Auto Pilot), který umožní vozidlu jezdit na dálnici rychlostí až 130km/h. Ford provedl rozsáhlý výzkum autonomních systémů a komunikačních systémů pro vozidla. V lednu 2013 Toyota předvedla částečně autonomní vozidlo s řadou senzorů a komunikačních systémů. Mezi další programy v této oblasti patří osobní vozidla 2GetThere z Nizozemska a Grand Challenge společnosti DARPA v USA. [49][50][51][52][53][54][55][56]



Obr.12 Lexus RX450h využitý jako testovací vůz společnosti Google [87]

V roce 2010, italská laboratoř VisLabs univerzity Parma, vedená profesorem Albertem Broggimim, provedla interkontinentální jízdu s názvem VisLab Intercontinental Autonomous Challenge (VIAC). Tato cesta byla dlouhá 15 900km. Jedná se o první interkontinentální autonomní jízdu. Čtyři elektrické dodávky zvládly 100dní dlouhou cestu, kde vyrazily z Parmy 20.července a dorazily do Shanghaie 28.října. V dodávkách byli přítomní výzkumní pracovníci pro případ nouze, kteří do jízdy zasáhli jen několikrát, hlavně v dopravní zácpě v Moskvě. Tento projekt je spolufinancován programem EU s názvem CORDIS. [57]

V roce 2010 Ústav řídicí techniky univerzity v Branschweigu demonstroval první autonomní jízdu na veřejných ulicích v Německu s výzkumným vozidlem Leonie. Bylo to první licencované vozidlo pro autonomní jízdu na ulicích a dálnicích v Německu. [58]

V říjnu roku 2010 právní zástupce pro Kalifornské ministerstvo motorových vozidel vznesl obavy, že tato technologie je v mnoha oblastech před zákonem, kde všichni předpokládají, že se ve vozidle bude stále nacházet řidič. [59]

1.května 2012 byla uskutečněna testovací jízda (22km) autonomního vozidla Google v Las Vegas, Nevada. Autonomní vůz prošel testem, ale nebyl testován na kruhových objezdech, železničních přejezdech bez signálu nebo ve školních zónách. [60]

V dubnu roku 2012 se stala Florida druhým státem ve Spojených státech, ve kterém bylo povoleno testovat autonomní vozidla v provozu. Kalifornie se stala třetím státem, kde bylo testování povoleno. Tehdejší guvernér státu Kalifornie Jerry Brown podepsal zákon v sídle společnosti Google v Mountain View. [61]

Dne 12.července 2013 provedl VisLab další testovací jízdu, která se stala zlomovou. Jízda autonomního vozidla ve městě Parma probíhala plně autonomně bez lidského zásahu do jízdy, kde se automobil úspěšně navigoval přes kruhové objezdy, semaforey, přechody pro chodce a další kritická místa. [62]

V roce 2013 byla vydána nová verze Mercedesu S-Class, která měla prvky autonomního řízení, udržování jízdních pruhů, zrychlování/brzdění, parkování, vyhýbání se nehodám a detekce únavy řidiče a to jak ve městském provozu, tak i na dálnicích při rychlostech až 200km/h. [63][64][65][66]

V říjnu 2014 oznámila společnost Tesla Motors svou první verzi AutoPilotu a to ve svých nových vozech Model S. Autopilot umožňoval vozidlu funkce jako kontrola jízdního pruhu, autonomní zatáčení, brzdění a úprava rychlosti podle rychlostního limitu na základě rozpoznávání dopravních značek. Systém též poskytoval autonomní parkování a je schopen automatické aktualizace pro zlepšení dovedností v průběhu času. Od března 2015 Tesla testuje autopilota na dálnici mezi San Franciscem a Seattlem s řidičem, ale auto nechává téměř bez kontroly. [67][68]

V březnu 2015 společnost Tesla Motors oznámila, že do poloviny roku 2015 představí novou verzi autopilota prostřednictvím aktualizace softwaru pro vozy vybavené systémy umožňující autonomní řízení. Někteří odborníci z oboru vznesli otázky týkající se právního statusu autonomní jízdy v USA, a zda by vlastník Modelu S při používání funkce autopilota porušil platné státní předpisy. Několik států, přijalo zákony umožňující autonomním automobilům na silnici omezit jejich použití pro testovací účely, ne pro širokou veřejnost. Existují také otázky týkající se odpovědnosti autonomního vozidla v případě chyby. Mluvčí Tesly řekl, že v jejich autopilotovi není nic, co by bylo v rozporu s předpisy. Dále uvedl, že se nezbavují řidiče a jeho kontroly nad vozem, jen chtějí řidiči ulehčit jízdu odebráním nudných jízdních úkonů, aby se řidič mohl lépe soustředit na jízdu. Ředitel autoservisu společnosti Google řekl, že si nemyslí, že by měl existovat regulační blok, pokud vozidlo splňuje bezpečnostní normy a testy. Mluvčí Národního úřadu pro bezpečnost silničního provozu (NHTSA) uvedl, že jakékoli autonomní vozidlo musí splnit platné federální bezpečnostní normy pro motorová vozidla a musí mít vhodné předpisy a regule, které zajistí bezpečnost tohoto typu vozidel. [68]

V polovině října 2015 Tesla Motors uvedla na trh 7.verzi svého softwaru v USA, která zahrnovala schopnosti autopilota. 9.ledna 2016 Tesla představila verzi 7.1 jako aktualizaci s názvem over-the-air, která přidala funkci „summon“, která automobilům umožňuje se samy zaparkovat bez řidiče. Automobily Tesla mohou být klasifikovány někde mezi 2. a 3.stupněm NHTSA. Na těchto úrovních může automobil jednat autonomně, ale vyžaduje plnou pozornost řidiče, který musí být vždy připraven převzít kontrolu nad vozem. Autopilot by měl být používán pouze na dálnicích s omezeným přístupem, někdy se nepodaří detekovat značení jízdních pruhů a odpojit se. V městském provozu systém nebude číst dopravní signály nebo dodržovat stopky. Též nedokáže rozeznat cyklisty. [69][70][71][72][73][74]

V červenci 2015 společnost Google oznámila, že jejich autonomní vozidla se podílela na 14 nehodách od roku 2009. Vedoucí projektu Chris Urmson uvedl, že všechny nehody byly způsobeny lidmi, kteří řídili jiná auta a nevěnovali dostatečnou pozornost provozu. Dále řekl, že je to pro jejich společnost obrovská motivace, jelikož jejich automobily najezdily skoro 3,2mil. kilometrů. [75]

První známá smrtelná nehoda řidiče autonomního vozu byla zaznamenána 7.května 2016 ve Willstonu, Florida. Vůz Tesla Model S byl v provozu autopilota. Řidič zahynul po srážce s velkým 18-kolovým přívěsem. Dne 28.června 2016 zahájila NHTSA vyšetřování nehody spolu s Floridskou dálniční hlídkou. Podle NHTSA předběžné zprávy ukazují, že k havárii došlo, když nákladní vozidlo s přívěsem odbočilo na křižovatce doleva a automobil nedokázal včas zabrzdit. Auto pokračovalo v jízdě po průjezdu přívěsem. V tehdejší době bylo v provozu odhadovaných 25 000 Modelů S. [76][77]

Počínaje říjnem 2016 Tesla uvedla, že všechny jejich vozy budou postaveny s potřebným hardwarem, který umožní plnou schopnost autonomního řízení na úrovni bezpečnosti SAE 5.stupně. Kvůli chybějící redundanci a senzorům, které produkují spolehlivá data ve sněhu, dešti a mlze, není jasné, jak tohoto cíle chce Tesla dosáhnout. Hardware obsahuje osm prostorových kamer a dvanáct ultrazvukových senzorů, navíc k dopřednému radaru s vylepšenými možnostmi zpracování. Systém bude pracovat v režimu „shadow mode“ (zpracování bez provedení akce) a odeslání dat zpět Tesle, aby se zlepšily její jízdní schopnosti, dokud nebude software připraven k nasazení prostřednictvím bezdrátových aktualizací. Plná autonomie je pravděpodobná pouze po milionech kilometrů testování a schválení ze stran úřadů. Tesla Motors uvedla, že do konce roku 2017 umožní plnou autonomní jízdu, nicméně k březnu 2018 se tak nestalo. [78][79][80]

4.června 2017 Audi uvedla, že její nová A8 bude plně autonomní do rychlostí až 60km/h s využitím jejich softwaru Audi AI. Na rozdíl od jiných vozů, řidič nemusí provádět bezpečnostní kontroly, jako je dotyk volantů každých patnáct vteřin, aby mohl tuto funkci používat. Audi A8 tak bude prvním výrobním vozidlem, které dosáhne třetí úrovně autonomní jízdy. Což znamená, že řidič může bezpečně odvrátit svou pozornost od úkolů řízení, např. řidič může psát zprávy na mobilu nebo sledovat film. Audi bude také prvním výrobcem, který kromě kamer a ultrazvukových senzorů pro své AI použije systém 3D Lidar. [81][82]

5 LEGISLATIVA

Jeden z problémů autonomních vozidel je legislativa. V dnešní době, kdy jsou autonomní vozidla ještě ve fázi vývoje a plně autonomní vozidlo ještě neexistuje, není legislativa ve finální podobě a vyskytují se spíše myšlenky a názory na autonomní dopravu. Pro existující autonomní vozidla výrobci nepřebírají odpovědnost za jakékoli nehody, ale za jízdu je odpovědný stále řidič. Autonomní řízení v dnešní době ještě není na úrovni, kde by řidič nemusel věnovat pozornost řízení. Někteří výrobci uvádějí, že jejich auta jsou plně automatická, například Waymo společnosti Google, ale odpovědnost stále nepřebírají a ve vozidle musí být stále řidič, takže se nemůžeme bavit o plné automatizaci.

Současná legislativa v automobilismu vychází z Vídeňské úmluvy z r. 1968 (ratifikována ČR 2.6.1993) a je v ČR upravena Zákonem o provozu na pozemních komunikacích. Tyto právní normy jsou však v rozporu s potřebami pro autonomní řízení stupně 3 a vyšší.

V současné době je možné sledovat legislativní aktivity jak na národní úrovni (Platforma pro autonomní vozidla ustanovená MDČR), tak na evropské úrovni (projekt eIMPACT). Jsou vymezeny první veřejné testovací úseky dálnic, jako např. Dálnice A9 v SRN nebo připravovaný úsek dálnice D2 mezi Brnem a Bratislavou. V USA je více než 7 států, kde je provoz autonomních vozidel již povolen.

Předpokládá se, že legislativa pro autonomní vozidla se postupně rozšíří na většinu států USA. Souběžně s tím bude pokračovat vypracování legislativního rámce v EU, který následně budou harmonizovat do své legislativy jednotlivé členské státy. [24]

Vývoj autonomních systémů probíhá nepřetržitě, jejich jednotlivé prvky se rychle zdokonalují a přinejmenším pro dílčí přepravní úkoly mohou být vozidla připravena již velmi brzy. Kdy se ale autonomní vozidla v provozu skutečně objeví, nezáleží jen na výrobcích. Je to dáno především legislativou, která prozatím počítá s řidičem, který je zodpovědný za jízdu. Přechod na autonomní řízení přinese zásadní průlom v pohledu na odpovědnost za provoz aut a vyřešení této otázky bude jistě ještě nějakou dobu trvat.

V roce 2013 vláda Spojené Království povolila testování autonomních vozidel na veřejných komunikacích. Do té doby muselo veškeré testování probíhat na soukromých pozemcích. [109]

V roce 2014 vláda Francie oznámila, že testování autonomních vozidel na veřejných komunikacích, ale pouze na označených silnicích s celkovou délkou 2 000 km, jmenovitě v lokalitách Bordaeux, in Isère, Île-de-France a Strasbourg. [110]

Na jaře roku 2015 Federální ministerstvo životního prostředí, dopravy, energetiky a komunikací ve Švýcarsku povolila společnosti Swisscom testovat vozidlo Volkswagen Passat v ulicích Zurichu. [111]

Od dubna 2017 je možné provádět v Maďarsku veřejné silniční zkoušky pro vývojová vozidla. Dále byla povolena stavba testovací dráhy Zala Zone blízko města Zalaegerszeg. [112]

6 PŘEHLED AUTONOMNÍCH VOZIDEL

6.1 TESLA

Společnost Tesla je známá svými elektromobily vznikla roku 2008, kdy vydala své první vozidlo Tesla Roadster. V dnešní době nám nabízejí několik modelů, luxusní sedan Model S, SUV Model X, cenově dostupnější Model 3 a model Y. V současné době se vyvíjí nový model Roadsteru a kamionů.

Jeden ze zakladatelů je známý vizionář Elon Musk, který je zakladatel dalších společností jako SpaceX, Boring Company atd. Jeho snahou je přejít na obnovitelné zdroje a to nejen elektromobily, dceřiná společnost Tesly vyrábí fotovoltaické články, baterie a nabíjecí porty pro automobily dostupné pro domácnosti.

Autopilot Tesly disponuje několika technologiemi. Základní balíček, který má každý automobil Tesly umí sám zatáčet, zrychlovat a brzdít. Rozšířený balíček autopilota se umí sám navigovat na dálnici a to jak najíždění tak i sjíždění z dálnice, předjíždět pomalu jedoucí vozy, změnu jízdního pruhu a také disponuje automatickou parkovací službou. Tesla slibuje, že nejpozději tento rok bude autopilot schopen rozeznat a reagovat na světelné semaforey a na značku STOP a bude schopen automatické jízdy po ulicích měst. Rozšířený balíček autopilota vyjde na 6,000USD. [89]

Software autopilota je aktualizován pravidelně a to bez potřeby dojíždět na pobočky Tesly a nechávat si software aktualizovat, ale všechny aktualizace jsou prováděny Over-The-Air, dá se říci on-line. Tesla sbírá veškerá data z jízdy při zapnutém autopilotu a posílají se Tesle, kde se zpracovávají. Tesla má takové množství dat, které se rovná zhruba 2miliardám km jízdy. Tato data jsou potřebná pro strojové učení umělé inteligence, které využívá kamery, neboť kamery mají mnohem větší potenciál a dá se s nimi jít do „hloubky“ kdežto s LIDAREm se to samé říci nedá. Co se týče sběru dat, Tesla je oproti ostatním automobilkám nesmírně napřed. Lex Fridman říká, že by se měly ostatní automobilky inspirovat a dělat to samé, jinak jim Tesla uteče ve vývoji.[92]

Aktualizace testují rovnou při jízdě automobilů svých zákazníků. Nová aktualizace se nahraje do automobilu, běží zároveň s předešlou verzí v tzv.“shadow mode“, ale do jízdy ještě nezasahuje. Porovnávají se rozdíly v rozhodnutí těchto dvou verzí a na základě tohoto porovnávání se aktualizace aktivuje, nebo dále upraví. Dnes všechny modely Tesly mají hardware, který by umožnil plně autonomní jízdu.

6.1.1 MODEL S

Tento model byl druhým vozidlem představeným veřejnosti v polovině roku 2012. Roku 2013 vyhrál cenu Automobilu roku magazínu Automobile Magazine a Motor Trend. Model S patří k jednomu z nejbezpečnějších automobilů na trhu.

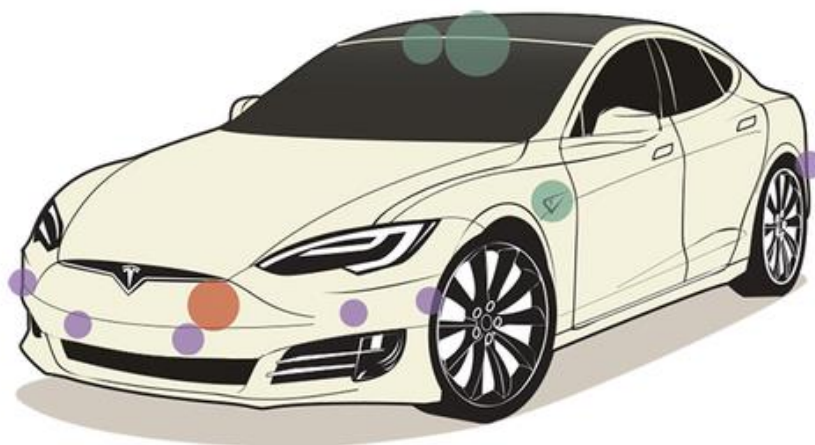


Technické parametry	
Délka	4 976mm
Šířka	1 963mm
Výška	1 435mm
Hmotnost	1 960-2240kg
Maximální rychlost	260km/h
Výkon	285-568kW
Kapacita akumulátoru	40-90kWh
Dojezd	450-590km

Obr.13 Tesla Model S [89]

Existují různé varianty tohoto modelu, které jsou odlišné výkonem a maximálním dojezdem na nabití. Dnes jsou dostupné varianty Standard Range, Long Range a Performance. Ceny automobilu se pohybují od 68,000 po 90,000USD. [89]

Vozidlo je vybaveno kamerami, radary, ultrazvukovými senzory a GPS. Kamery jsou umístěny v horní části čelního skla a v zadní části vozidla, radar je čelně orientovaný a umístěný ve spodní masce chladiče a ultrazvukové senzory jsou umístěny v přední a zadní části automobilu, což automobilu poskytuje pokrytí zorného pole o 360°.



_ Tesla Model S with Enhanced Autopilot

■ Camera • ■ Radar • ■ Ultrasonic sensor

Obr.14 Ilustrace umístění senzorů [88]

Model S P85 je poháněn vodou chlazeným trojfázovým asynchronním elektromotorem o výkonu 310kW. S tímto motorem Model S dokáže zrychlit z 0km/h na 100km/h během 4,3s. Verze Ludacris dokáže zrychlit z 0km/h na 100km/h za 2,4s. Dojezd se odvíjí od varianty modelu a na teplotě okolí kvůli bateriím. Baterie se nabíjí ze 400V zásuvky, kdy za hodinu nabíjení získáme zhruba 100km dojezdu. Model S P85 s kapacitou baterie 85kWh je schopen ujet 426km. Tento dojezd z něj činí elektromobil s největším dojezdem na trhu. Tesla udává spotřebu 24kWh na 100km, což je ekvivalent 2,6l benzínu na 100km. Baterie je uložena v podlaze vozu, což výrazně snižuje těžiště celého automobilu a zvyšuje tím bezpečnost vůči převrácení.[90][91]

Co se týče rozměrů auta, nijak se neliší od klasických automobilů bez autopilota. Liší se ale svoji váhou, ale to je způsobeno váhou baterie v podvozku automobilu.

6.2 CADILLAC SUPER CRUISE

Tento semi-autonomní systém je podle mnoha nejlepším autonomním systémem vůbec. Překonává společnosti jako Tesla, Volvo a Nissan. Systém Vás hlídá, jestli dáváte pozor na cestu. V kabině auta je nainstalována kamera, která snímá Váš pohyb očí a Vaše chování. Pokud se díváte mimo cestu a nedáváte dostatečný pozor, systém Vás upozorní, abyste začali věnovat pozornost cestě před Vámi. Tento systém je celkově více zaměřen na bezpečnost. Bohužel tento systém funguje pouze na vyznačených dálnicích a nelze jej použít například v ulicích měst apod.[92]

Super Cruise využívá několik kamer, radarové snímače a LIDAR. Pomocí těchto senzorů dokáže vytvořit detailní digitální mapu okolí. Svou trasu dokáže plánovat až 2,5km dopředu díky předem daným místům, kde tento systém funguje. Systém disponuje funkcemi Adaptive Cruise Control, Lane keeping. Nepodporuje technologie změny pruhů kvůli náročnosti na hardware.[93]

Od roku 2020 plánuje společnost Cadillac vybavit všechna nová auta systémem Super Cruise. Momentálně je systém pouze ve vozidle Cadillac CT6.

CADILLAC CT6

Plným názvem Cadillac Touring 6 je luxusní automobil vyráběný společností Cadillac. Společnosti byl tento vůz představen na Mezinárodním autosalonu v New Yorku v roce 2015 a v prodeji bylo dostupné od března 2016. Je postaven na jiné platformě než menší CTS a je konstruován jako vozidlo s pohonem zadních kol s volitelným pohonem všech kol. Vozidlo je též nabízeno v Číně, Evropě, Koreji, Japonsku, Izraeli a Středním východě.



Technické parametry	
Délka	5 182-5 227mm
Šířka	1 880mm
Výška	1 473mm
Hmotnost	1 663-1 995kg
Maximální rychlost	290km/h
Výkon	301-410kW

Obr. 15 Cadillac CT6 [94]

Vozidlo je dostupné ve více variantách a to Ecotec I4 (2l motor), LGX V6 (3,6l), LGW V6 (3,0l) a LTA V8 (4,2l). Všechny vozy jsou zatím vybaveny automatickou osmistupňovou převodovkou. Je plánována desetistupňová převodovka.

6.3 GOOGLE

Společnost Google s jejich projektem známým pod názvem Google Self-Driving Car (od roku 2016 Waymo) patří k průkopníkům autonomní jízdy. Již v roce 2005 vyhráli soutěž Grand Challenge pořádanou agenturou ministerstva obrany Spojených Států Amerických DARPA, kde vyhráli 2mil. USD. Tým se skládal z 15 inženýrů společnosti Google.

Google se snaží vyvinout systém, který by byl plně autonomní a nepotřeboval žádnou korekci od řidiče, kdežto ostatní společnosti spíše systém vyvíjí jako asistenta jízdy, který nám při jízdě pomáhá. V roce 2014 Google představil nový prototyp jejich samořídícího vozidla s názvem Firefly, který je 100% autonomní, nemá totiž žádné pedály ani volant. Firefly sloužil jako výzkumné vozidlo, nikoli jako auto k volnému prodeji. Testování na silnicích San Franciska začalo probíhat roku 2015.

WAYMO

Za názvem Waymo nestojí jedno vozidlo, ale jedná se o několik různých vozidel vybavené technologií společnosti Google, například Toyota Prius, Audi TT, Fiat Chrysler Pacifica a Lexus RX450h. Google též vyrobilo okolo 100kusů svých vlastních vozidel, kdy auto sestavovala společnost Roush Enterprises s vybavením od Bosch, ZF Lenksysteme, LG a Continental. [99][100][101][102]



Obr.19 Jaguar I-Pace vybavený technologií Waymo [98]

V březnu 2018 společnost Jaguar Land Rover řekla, že Waymo objednalo až 20 000 elektromobilů I-Pace s odhadovanou celkovou cenou 1bil. USD. [98]

Co se týče vybavení jako jsou procesory, Waymo jsou partnery se společností Intel, která jim dodává tyto součástky.

Roku 2017 Waymo odhalilo nové senzory a čipy, které jsou levněji vyrobitelné, kamery s lepší viditelností a stěrače na lidar, které ho zbavuje nečistot. Vozidlo využívá radary, lidary a kamery. Na začátku projektu lidarový systém stál až 75 000USD. Kolem roku 2017 tato cena klesla o 90%, protože Waymo vytvořilo svůj vlastní systém lidar. [103][104][105]

Inženýři Waymo vytvořili program s názvem Carcraft. Názvem se inspirovali ze hry World of Warcraft. Jedná se o virtuální prostředí, kde se simulují jízdní podmínky. V simulaci se nachází 25 000 virtuálních autonomních vozidel, které se navigují v modelech měst Austinu, Phoenixu a Mountain View. K roku 2018 vozidla v simulaci ujela vzdálenost větší než 8bil.km. [106][107][108]

6.4 AUDI

Další automobilkou, která vyvíjí svůj autonomní systém je Audi. Jejich autonomní systém, jak již bylo zmíněno v historii, funguje do rychlostí 60km/h a je plně autonomní. Tento systém se řadí do 3.stupně automatizace. Konkrétně se jedná o model A8, ale tyto systémy se používají i na jiných modelech.

Systém Audi disponuje mnohými funkcemi jako Turn Assist, ACC, Hold Assist, Trailer maneuver assist, Active lane assist, Traffic jam pilot, Exit warning, Collision avoidance assist, parkovacím asistentem, systémem pro rozeznávání dopravních značek a mnoho dalších.

AUDI A8

Systém využívá několik senzorů a to lidar, který se nachází ve přední části vozidla, přední kameru umístěnou na čelním skle. Dále 4 sonary, dva v přední části vozidla a dva v zadní. To samé platí pro radary.



Obr.20 Audi A8 s vyznačenými senzory a jejich oblastmi (1) Sonary, (2) Radary, (3) Přední radar, (4) Přední kamera, (5) Lidar [113]

6.5 VOLVO

Volvo využívá jejich systém s názvem Pilot assist. Existuje více řad tohoto systému a to I a II. První autonomní prvky byly ve vozidlech poprvé zařazeny roku 2006, kde se jednalo o technologie ACC, systémem varování před kolizí s brzděním a varováním před vybočení z jízdního pruhu. Při jízdě se zapnutým asistentem řidič dostává v pravidelných intervalech výstrahu, aby držel volant v rukách a provedl případnou korekci, pokud nemá ruce na volantu. Využívá řadu senzorů jako radary, kamery, sonary a lidar. Volvo oznámilo, že chce dosáhnout 4.stupně do roku 2021 alespoň na dálnicích.



Obr.21 Volvo XC90 [115]

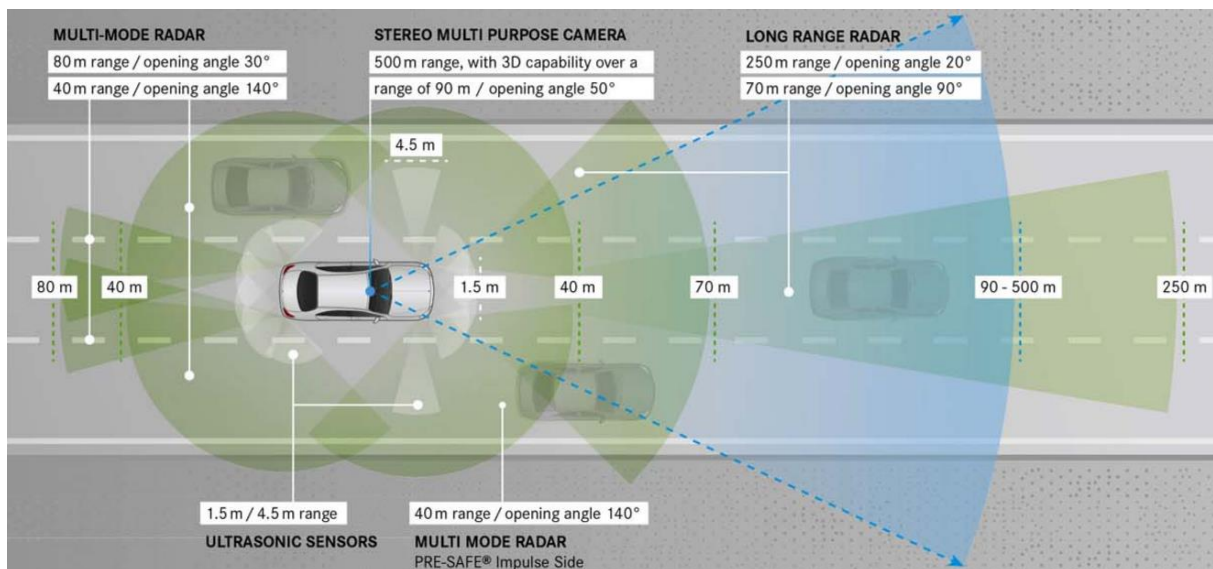
Tento systém můžeme nalézt v modelech XC90, S90, V90, XC60, V60, S60, XC40, XC40 a všech variantách Cross Country a Twin Engine těchto modelů. [114] Volvo též vyvíjí nový druh autonomních elektrických nákladních vozů s názvem Vera.



Obr.22 Volvo Vera [116]

6.6 MERCEDES-BENZ

Další společností, která se začíná věnovat autonomnímu řízení je Mercedes-Benz. Oproti systému Cadillacu Super Cruise nebo Autopilotu Tesly je systém Mercedesu nováčkem. Systém využívá jako většina systém kamer, radarů, sonarů a lidar. Autopilot Mercedesu můžeme najít ve vozech třídy S-Class a E-Class.



Obr.23 Vyznačené oblasti zorného pole snímačů vozu Mercedes-Benz E-Class W213 [117]

Mercedes plánuje vydat svůj semi-autonomní systém pro obnovenou třídu S-Class do roku 2020. Systém by měl být 3.stupně, což znamená, že vozidlo by mělo být schopno se samo řídit v některých situacích. Autopilot bude disponovat technologiemi jako Traffic Jam Stop, Active Distance Assist, Active Lane Change Assist, Active Speed Limit Assist, BSM, rozpoznávání dopravních značek a dalšími. [118][119]

ZÁVĚR

Může se zdát, že řízení je snadné a lidé neumí řídit. Opak je ale pravdou. Vytvořit systém, který by nás dokázal nahradit v řízení není lehké. Například když automobil jede po vozovce a uvidí, že chodec bude chtít vkročit do vozovky v místě, kde není přechod, zrychlí auto, aby o sobě dalo vědět, nebo zastaví? Dále se musí vyřešit jak bude systém spolehlivě pracovat při zhoršených světelných podmínkách, dešti, mlze a sněžení? Které senzory je nejlepší použít pro správnou funkci autonomního systému?

Další otázkou je, jestli lidem autonomní jízda pomůže, nebo naopak. Pokud se jedná o semi-autonomní systém, řidiči má v jízdě pomáhat a odebrat mu povinnost „nudné“ rutiny při řízení, aby se řidič mohl soustředit na složitější situace, které vyžadují větší pozornost. Bohužel řidič mnohdy systém přecení a spoléhá na něj, který ale není tak dokonalý a nastane nehoda. Systém má rozhodně potenciál v řízení překonat člověka. Počítače a senzory mají mnohem nižší reakční doby než člověk. Otázkou je, jestli dokáže autonomní systém zcela nahradit člověka v řízení? Další výhodou by bylo, že všechny autonomní vozy by mohly být propojeny přes internet či jinou síť a takto sdílet informace o své poloze, rychlosti a jiných údajích. Aktualizace už dnes probíhají přes síť jak můžeme vidět u společnosti Tesla over-the-air.

Lze očekávat, že v automobilním průmyslu bude přibývat pracovníků informačních technologií. K tvorbě autonomního systému je zapotřebí značné množství programování, tvorba umělé inteligence a strojového učení, které vyžaduje nesmírné množství dat z provozu. Probíhají jak simulace ve virtuální realitě, tak i sběr dat z jízdy. Vývoj bude trvat ještě několik let, už jen kvůli časové náročnosti sběru dat a jejich zpracování.

V budoucnosti bude určitě velkým problémem legislativa. Dnes je legislativa kolem autonomního řízení nejasná a neexistuje žádná finální verze, protože autonomní vozidlo neexistuje. Kdo ponese za případné nehody následky, řidič či vozidlo? V této oblasti budou mít právníci a další pracovníci justičního systému jistě mnoho práce.

Jedná se poměrně o novou technologii, která má obrovský potenciál změnit dopravu. Může nám ulehčit naši jízdu, vyřešila by problém s nedostatkem profesionálních řidičů řídících nákladní vozidla jak plnou autonomní jízdou či platooningem. Je zapotřebí dalšího bedlivého výzkumu, zdokonalování systému a hledání správného přístupu k problému.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] KOCKELMAN, Kara. Implications of Connected and Automated Vehicles on the Safety and Operations of Roadway Networks: A Final Report [online]. Center for Transportation Research The University of Texas at Austin 1616 Guadalupe Street, Suite 4.202 Austin, TX 78701, 2016 [cit. 2019-02-07].
- [2] THRUN, Sebastian. Toward Robotic Cars. Stanford University, Stanford, CA: Communications of the ACM, 2010, (53), 99-106. DOI: 10.1145/1721654.1721679
- [3] GEHRIG, S.K. a F.J. STEIN. *Dead reckoning and cartography using stereo vision for an autonomous car* [online]. Kyongju, South Korea, South Korea: IEEE, Říjen 1999, **2002**, 1507-1512 [cit. 2019-02-07]. DOI: 10.1109/IROS.1999.811692. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4220653>
- [4] "U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development". National Highway Traffic Safety Administration. 30 May 2013. Retrieved 18 December 2013. a SAE International]
- [5] MORRIS, David Paul a Bloomberg. A member of the media test drives a Tesla Motors Inc. Model S car equipped with the hands-free driving tech called Autopilot. In: www.fortune.com [online]. 2015 [cit. 2019-02-07]. Dostupné z: <https://imagesvc.timeincapp.com/v3/mm/image?url=https%3A%2F%2Ffortunedotcom.files.wordpress.com%2F2015%2F12%2Fgettyimages-492682174.jpg&w=800&q=85>
- [6] SAE International. AUTOMATED DRIVING LEVELS OF DRIVING AUTOMATION ARE DEFINED IN NEW SAE INTERNATIONAL STANDARD J3016 [online]. 2014 [cit. 2019-02-07]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20170903105244/https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf
- [7] RAID, Rory. Electronic stability control now compulsory on new EU cars [online]. 29.11.2011 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/roadshow/news/electronic-stability-control-now-compulsory-on-new-eu-cars/>
- [8] Lane Keeping Assist (LKA). In: *Hyundai* [online]. 2019, 2019 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.hyundai.com.au/why-hyundai/design-and-innovation/safety/lane-keeping-assist>
- [9] Pull Up and Have Your Car Parked for You – Continental Implements Fully Automated Valet Parking. In: *Continental* [online]. 14.9.2019 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.continental-corporation.com/en/press/press-releases/pull-up-and-have-your-car-parked-for-you-95940>
- [10] TARANOVICH, Steve. *Home> Analog Design Center > How To Article Autonomous automotive sensors: How processor algorithms get their inputs* [online]. 5.6.2016 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.edn.com/design/analog/4442319/Autonomous-automotive-sensors--How-processor-algorithms-get-their-inputs>

- [11] Filipino turns ordinary car into autonomous vehicle. In: *Motioncar* [online]. 25.5.2015 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: https://motioncars.inquirer.net/36858/filipino-turns-ordinary-car-into-autonomous-vehicle?utm_expid=.XqNwTug2W6nwDVUSgFJXed.1
- [12] Radar. *Wikipedia* [online]. 1.12.2018 [cit. 2019-03-20]. GND: 4176765-2. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Radar>
- [13] Lidar. *Wikipedia* [online]. 15.3.2019 [cit. 2019-03-20]. GND: 4167607-5. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar#Autonomous_vehicles
- [14] Sonar. *Wikipedia* [online]. 26.11.2018 [cit. 2019-03-20]. GND: 4181785-0. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sonar>
- [15] MOORE, Samuel K. Tech TalkSemiconductorsDesign Superaccurate GPS Chips Coming to Smartphones in 2018. *IEEE Spectrum* [online]. 21.9.2017 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/semiconductors/design/superaccurate-gps-chips-coming-to-smartphones-in-2018>
- [16] World's first dual-frequency GNSS smartphone hits the market. European Global Navigation Satellite Systems Agency [online]. 4.6.2018 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.gsa.europa.eu/newsroom/news/world-s-first-dual-frequency-gnss-smartphone-hits-market>
- [17] Tesla Improving Autopilot With Even More Sensors. In: *ETeknix* [online]. 2016 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.eteknix.com/tesla-improving-autopilot-with-even-more-sensors/>
- [18] JOHNSON, R.Colin. GPS system with IMUs tracks first responders. *EE Times* [online]. 15.6.2011 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1259727
- [19] KING, A.D. *Inertial Navigation – Forty Years of Evolution* [online]. 13. THE GENERAL ELECTRIC COMPANY, 1998, s. 140-149 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: http://www.imar-navigation.de/downloads/papers/inertial_navigation_introduction.pdf
- [20] STARLINO. A Guide To using IMU (Accelerometer and Gyroscope Devices) in Embedded Applications. *Starlino electronics* [online]. 29.12.2009 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: http://www.starlino.com/imu_guide.html
- [21] Aerospace Blockset. *MathWorks* [online]. [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/help/aeroblks/index.html;jsessionid=dd8bffc070a4e97bed8fe7908fda?/access/helpdesk/help/toolbox/aeroblks/threeaxisinertialmeasurementunit.html>
- [22] TESCHLER, Lee. Inertial measurement units will keep self-driving cars on track. *Microcontroller Tips* [online]. [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.microcontrollertips.com/inertial-measurement-units-will-keep-self-driving-cars-on-track-faq>

- [23] BALZER, Paul. Rotationsmatrix und Quaternion einfach erklärt in DIN70000 ZYX Konvention. In: *Motorblog* [online]. 8.7.2014 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.cbcity.de/tutorial-rotationsmatrix-und-quaternion-einfach-erklart-in-din70000-zyx-konvention>
- [24] ONDRÁČEK, Ph.D., Ing. Tomáš, Ing. Jan NAJVÁREK, Ph.D. a doc. Ing. Petr BLAHA, Ph.D.. *Technologické trendy v silniční dopravě* [online]. 2018 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.tpsd-ertrac.cz/file/oblast-autonomni-vozidla/>
- [25] "Phantom Auto" Will Tour Our City. *Google News Archive* [online]. The Milwaukee Sentinel, 1926 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://news.google.com/newspapers?id=unBQAAAAIBAJ&sjid=QQ8EAAAAIBAJ&pg=7304,3766749>
- [26] GEDDES, Norman Bel. *Magic Motorways* [online]. New York [Random House], 1940 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://archive.org/details/magicmotorways00geddrich>
- [27] BARTZ, Daniel. AUTONOMOUS CARS WILL MAKE US SAFER. *Wired* [online]. 16.11.2009 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2009/11/autonomous-cars/>
- [28] WETMORE, Jameson M. Driving the Dream The History and Motivations Behind 60 Years of Automated Highway Systems in America. *WayBack Machine Internet Archive* [online]. 2003 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20091122214019/http://www.cspo.org/documents/article_Wetmore-DrivingTheDream.pdf
- [29] INGRAHAM, Joseph C. ELECTRONIC ROADS CALLED PRACTICAL; New System of Guiding Cars Safely on Highways Is Shown at Princeton FRUIT OF 7 YEARS' STUDY R.C.A. and G.M. Jointly Conducted It -- Full Use Seen 15 Years Away. *New York Times Archives* [online]. 6.6.1960 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/1960/06/06/archives/electronic-roads-called-practical-new-system-of-guiding-cars-safely.html>
- [30] QUIGG, Doc. Reporter Rides Driverless Car. *Google News Archive* [online]. The Press Courier, 1960, , 4 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://news.google.com/newspapers?id=vUpeAAAAIBAJ&sjid=3WANAAAAIBAJ&pg=6885,3667738>
- [31] SEATTLE MUNICIPAL ARCHIVES. General Motors exhibit at Century 21 Exposition (World's Fair), Seattle, Washington, USA, 1962. In: *Wikipedia* [online]. 20.4.1962 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:General_Motors_exhibit_at_Century_21_Exposition,_1962.jpg
- [32] This Automobile Doesn't Need Driver. *Google News Archive* [online]. Palm Beach Daily News, 15.12.1966 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://news.google.com/newspapers?id=MKskAAAAIBAJ&sjid=PaEFAAAAIBAJ&pg=3093,3999582>

- [33] STRETCH, George. DiSalle Seeks Road Funds In Washington. *Google News Archive* [online]. Toledo Blade, 3.8.1961, , 2 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://news.google.com/newspapers?id=zUxQAAAAIBAJ&sjid=TQ4EAAAIBAJ&pg=7032,1811148>
- [34] REYNOLDS, John. Cruising into the future. *The Telegraph* [online]. 26.5.2001 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.telegraph.co.uk/motoring/4750544/Cruising-into-the-future.html>
- [35] WAUGH, Rob. How the first "driverless car" was invented in Britain in 1960. *Yahoo News* [online]. 17.7.2013 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://uk.news.yahoo.com/how-the-first--driverless-car--was-invented-in-britain-in-1960-093127757.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnLw&guce_referrer_sig=AQAAAF1mCoC-fdufhIkrIbFnoTkmpgdl55UvY55F9dSjH2HDStgf4goLVfUDZFHmI7U3_pj-PZmaKVe8N2KtsZ2FgC16kApG97VBMDV_-OY_UozkGI2Nmpl7e5mFgle7uq7_qZRlyQzmQmNslfKUE52gQHX8RC2WbLbfLL0NDk008Ui
- [36] 1960 Citroen DS19 - "Driverless car". *Flickr* [online]. 12.8.2012 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/homer----simpson/7768062772/>
- [37] POMERLEAU, Dean A. ALVINN, an autonomous land vehicle in a neural network. *KilthHub* [online]. Carnegie Mellon University, 1.1.1990 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://kilthub.cmu.edu/articles/ALVINN_an_autonomous_land_vehicle_in_a_neural_network/6603146
- [38] SCHMIDHUBER, Jürgen. Prof. Schmidhuber's highlights of robot car history. *IDSIA Dalle Molle Institute for Artificial Intelligence* [online]. 2009 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://people.idsia.ch/~juergen/robotcars.html>
- [39] BISHOP, Richard. *Intelligent Vehicle Technologies and Trends* [kniha]. Artech House ITS library. Norwood Mass, 2005 [cit. 2019-05-02]. ISBN 978-1580539111.
- [40] The PROMETHEUS project launched in 1986: Pioneering autonomous driving. *Daimler* [online]. 2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/The-PROMETHEUS-project-launched-in-1986-Pioneering-autonomous-driving.xhtml?oid=13744534>
- [41] TRIBE, Raglan. Robot Car | Raglan Tribe. In: *Youtube* [online]. 23.2.2013 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=AILZhcnpXYI>
- [42] ALBUS, James S. A Reference Model Architecture for Intelligent Unmanned Ground Vehicles. *WayBack Machine Internet Archive* [online]. 1.4.2002 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20040725051856/http://www.isd.mel.nist.gov/documents/albus/4DRCS.pdf>

- [43] DUDLEY, David. *The Driverless Car Is (Almost) Here* [online]. Leden 2015 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.aarp.org/home-family/personal-technology/info-2014/google-self-driving-car.html>
- [44] THRUN, Sebastian. Toward Robotic Cars. *Communications of the ACM* [online]. , 99-106 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://cacm.acm.org/magazines/2010/4/81485-toward-robotic-cars/abstract>
- [45] MCCUE, Andy. RFID-tagged driverless cars on roads by 2056. *Silicon* [online]. 26.1.2006 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://www.silicon.com/management/public-sector/2006/01/26/rfid-tagged-driverless-cars-on-roads-by-2056-39155962/>
- [46] Driverless trucks by 2019. *WayBack Machine Internet Archive* [online]. 11.5.2012 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20120511081411/http://www.roadsafetygb.org.uk/news/541.html>
- [47] Rio Tinto Expands Driverless Truck Fleet. *WayBack Machine Internet Archive* [online]. 2.11.2011 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20141220174702/http://www.theindonesiatoday.com/Resources-Headlines/Resources-Headlines/Rio-Tinto-Expands-Driverless-Truck-Fleet/News>
- [48] HARRIS, Mark. How Google's Autonomous Car Passed the First U.S. State Self-Driving Test. *IEEE Spectrum* [online]. 10.9.2014 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/how-googles-autonomous-car-passed-the-first-us-state-selfdriving-test>
- [49] CARFRAE, Jack. An automated adventure at the wheel of a driverless BMW. *The National* [online]. 10.8.2011 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.thenational.ae/business/an-automated-adventure-at-the-wheel-of-a-driverless-bmw-1.371963>
- [50] NEIL, Dan. Who's Behind the Wheel? Nobody.: The driverless car is coming. And we all should be glad it is. *The Wall Street Journal* [online]. 24.9.2012 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.wsj.com/articles/SB10000872396390443524904577651552635911824>
- [51] Reaffirmed Mission for Autonomous Audi TTS Pikes Peak. *WayBack Machine Internet Archive* [online]. 25.1.2010 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20120710202052/http://www.audiusa.com/us/brand/en/tools/news/pool/2010/07/new_look__reaffirmed.html
- [52] FILIPPETTI, Jenny. EN V electric networked car concept by GM begins pilot testing. *DesignBoom* [online]. 14.10.2011 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.designboom.com/technology/en-v-electric-networked-car-concept-by-gm-begins-pilot-testing/>
- [53] Driving Without a Driver – Volkswagen presents the "Temporary Auto Pilot. *WayBack Machine Internet Archive* [online]. 6.10.2012 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20121006062302/http://media.vw.com/newsrelease.do>

- [54] FITCHARD, Kevin. Ford is ready for the autonomous car. Are drivers?. *GIGAOM* [online]. 9.4.2012 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://gigaom.com/2012/04/09/ford-is-ready-for-the-autonomous-car-are-drivers/>
- [55] Toyota sneak previews self-drive car ahead of tech show. *BBC News* [online]. 4.1.2013 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/technology-20910769>
- [56] Public Containerised Transport, ways to improve the efficiency and experience of travel by intermodalizing automobiles. *WayBack Machine Internet Archive* [online]. 4.1.2013 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130314083116/http://www.eubase.net/reports/PCT.html>
- [57] DAILY MAIL REPORTER. Driverless electric vans complete 8,000 mile journey from Italy to China. *Daily Mail* [online]. 28.10.2010 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1324515/Driverless-vans-8-000-mile-test-drive-Italy-China.html>
- [58] Forschungsfahrzeug „Leonie“ fährt automatisch auf dem Braunschweiger Stadtring. *Technische Universität Braunschweig* [online]. 8.10.2010 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://magazin.tu-braunschweig.de/pi-post/forschungsfahrzeug-leonie-fahrt-automatisch-auf-dem-braunschweiger-stadtring/>
- [59] MARKOFF, John. Google Cars Drive Themselves, in Traffic. *The New York Times* [online]. 9.10.2010 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html>
- [60] HARRIS, Mark. How Google's Autonomous Car Passed the First U.S. State Self-Driving Test. *IEEE Spectrum* [online]. 10.9.2014 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/how-googles-autonomous-car-passed-the-first-us-state-selfdriving-test>
- [61] TOTTENHAM HOTSPUR'S EXCITING NEW APP SHOWS HOW VR IS CHANGING SPORT. *VR World* [online]. 13.12.2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://vrworld.com/2018/12/13/tottenham-hotspur-sport-ar-vr-app/>
- [62] Public Road Urban Driverless-Car Test 2013. *VisLab* [online]. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://vislab.it/proud/>
- [63] STENQUIST, Paul. On the Road to Autonomous, a Pause at Extrasensory. *The New York Times* [online]. 25.10.2013 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2013/10/27/automobiles/on-the-road-to-autonomous-a-pause-at-extrasensory.html?pagewanted=all>
- [64] EWING, Jack. A Benz With a Virtual Chauffeur. *The New York Times* [online]. 16.5.2013 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2013/05/19/automobiles/a-benz-with-a-virtual-chauffeur.html>
- [65] INGRAHAM, Nathan. Mercedes-Benz shows off self-driving car technology in its new \$100,000 S-Class. *The Verge* [online]. 18.5.2013 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2013/5/18/4341656/mercedes-benz-shows-off-self-driving-car-technology>

- [66] ENGLISH, Andrew. New Car Tech: 2014 Mercedes-Benz S-Class. *Road And Track* [online]. 20.11.2012 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.roadandtrack.com/new-cars/news/a3689/new-car-tech-2014-mercedes-benz-s-class/>
- [67] LOWENSOHN, Josh. This is Tesla's D: an all-wheel-drive Model S with eyes on the road: A new top of the line. *The Verge* [online]. 9.10.2014 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2014/10/9/6955357/this-is-tesla-s-d-an-all-wheel-drive-car-with-eyes-on-the-road>
- [68] KESSLER, Aaron M. Elon Musk Says Self-Driving Tesla Cars Will Be in the U.S. by Summer. *The New York Times* [online]. 19.3.2015 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://www.nytimes.com/2015/03/20/business/elon-musk-says-self-driving-tesla-cars-will-be-in-the-us-by-summer.html?hpw&rref=automobiles&action=click&pgtype=Homepage&module=well-region@ion=bottom-well&WT.nav=bottom-well&_r=0
- [69] NELSON, Gabe. Tesla beams down 'autopilot' mode to Model S. *Automotive News* [online]. 14.10.2015 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.autonews.com/article/20151014/OEM06/151019938/tesla-beams-down-autopilot-mode-to-model-s>
- [70] ZHANG, Benjamin. ELON MUSK: In 2 years your Tesla will be able to drive from New York to LA and find you. *Yahoo Finance* [online]. 10.1.2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://finance.yahoo.com/news/elon-musk-two-years-car-202858960.html>
- [71] CHARLTON, Alistar. Tesla Autopilot is 'trying to kill me', says Volvo R&D chief. *International Business Times* [online]. 13.6.2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.ibtimes.co.uk/tesla-autopilot-trying-kill-me-says-volvo-rd-chief-1565134>
- [72] GOLSON, Jordan. Volvo autonomous car engineer calls Tesla's Autopilot a 'wannabe'. *The Verge* [online]. 27.4.2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2016/4/27/11518826/volvo-tesla-autopilot-autonomous-self-driving-car>
- [73] KOROSEC, Kirsten. Elon Musk Says Tesla Vehicles Will Drive Themselves in Two Years. *Fortune* [online]. 21.12.2015 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://fortune.com/2015/12/21/elon-musk-interview/>
- [74] ABUELSAMID, Sam. Tesla Autopilot Fatality Shows Why Lidar And V2V Will Be Necessary For Autonomous Cars. *Forbes* [online]. 1.7.2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/samabuelsamid/2016/07/01/first-tesla-autopilot-fatality-demonstrates-why-lidar-and-v2v-probably-will-be-necessary/#305409562d91>
- [75] TITCOMB, James. Google blames careless humans after first driverless car injury. *The Telegraph* [online]. 17.7.2015 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.telegraph.co.uk/technology/google/11745772/Google-blames-careless-humans-after-first-driverless-car-injury.html>

- [76] YARDON, Danny a Dan TYNAN. Tesla driver dies in first fatal crash while using autopilot mode. *The Guardian* [online]. 1.7.2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/technology/2016/jun/30/tesla-autopilot-death-self-driving-car-elon-musk>
- [77] VLASIC, Bill a Neal. E. BOUDETTE. Self-Driving Tesla Was Involved in Fatal Crash, U.S. Says. *The New York Times* [online]. 30.6.2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2016/07/01/business/self-driving-tesla-fatal-crash-investigation.html>
- [78] Tesla Autopilot. *Tesla* [online]. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://www.tesla.com/en_EU/autopilot?utm=&redirect=no
- [79] GUESS, Megan. Teslas will now be sold with enhanced hardware suite for full autonomy. *ARS Technica* [online]. 20.10.2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://arstechnica.com/cars/2016/10/tesla-says-all-its-cars-will-ship-with-hardware-for-level-5-autonomy/>
- [80] LAMBERT, Fred. Tesla's software timeline for 'Enhanced Autopilot' transition means 'Full Self-Driving Capability' as early as next year. *Electrek* [online]. 20.10.2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://electrek.co/2016/10/20/tesla-enhanced-autopilot-full-self-driving-capability/>
- [81] MCALEER, Michael. Audi's self-driving A8: drivers can watch YouTube or check emails at 60km/h. *The Irish Times* [online]. 11.7.2017 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.irishtimes.com/life-and-style/motors/audi-s-self-driving-a8-drivers-can-watch-youtube-or-check-emails-at-60km-h-1.3150496>
- [82] ROSS, Philip E. The Audi A8: the World's First Production Car to Achieve Level 3 Autonomy: It's also the first to sport lidar. *IEEE Spectrum* [online]. 11.7.2017 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/the-audi-a8-the-worlds-first-production-car-to-achieve-level-3-autonomy>
- [83] LAMBERT, Fred. Here's how Tesla's new dashcam feature using Autopilot cameras works. In: *Electrek* [online]. 26.9.2018 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://electrek.co/2018/09/26/tesla-dashcam-feature-autopilot-camera-version-9/>
- [84] KULISH, Kim. LIDAR: how self-driving cars 'see' where they're going. In: *Cosmos The Science Of Everything* [online]. 12.10.2016 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://cosmosmagazine.com/technology/how-self-driving-cars-can-see-where-they-re-going>
- [85] Should your new car have blind spot monitoring?. In: *Cartelligent* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.cartelligent.com/blog/should-your-new-car-have-blind-spot-monitoring>
- [86] Adaptive Front Lighting System - AFS. In: *SEAT* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.seat.co.nz/car-terms/a/afs.html>

- [87] MARIORDO. Lexus RX450h retrofitted as a Google driverless car. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_self-driving_cars#/media/File:Google%27s_Lexus_RX_450h_Self-Driving_Car.jpg
- [88] RICE, Sean C. a Andrew TRAHAN. Where Are Autonomous Cars Right Now? Four Systems Tested. In: *Car and Driver* [online]. 3.10.2017 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.caranddriver.com/features/a15080185/where-are-autonomous-cars-right-now-four-systems-tested-feature/>
- [89] TESLA. Tesla Model S. In: *Tesla* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/models>
- [90] TESLA. On the Road. *Tesla* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: https://www.tesla.com/en_EU/supercharger?redirect=no
- [91] HARLEY, Michael. 2012 Tesla Model S [w/video]. *Auto Blog* [online]. 11.9.2012 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: https://www.autoblog.com/2012/09/11/2012-tesla-model-s-first-drive-review-video/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly9jcy53aWtpcGVkaWEub3JnLw&guce_referrer_sig=AQAAAL-Xc6841B3QZEHYD3GTRRwEFvpU2V-e1x6O6fXd2lzYfWm3ZOH_cmHGv8y50pbeBj3-DFnJlYyiPb7qdL_8e3ouRA22E599wLq3jNg8tbFoF4Rn_dT50WvIA_iTlw0rm_SqljHXaOI4GW6PjtZLP19opDNmDGKnYJnlOMr80j
- [92] FRIDMAN, Lex. Joe Rogan Experience #1292 - Lex Fridman. In: *YouTube* [online]. 7.5.2019 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=ikMmkHzlTpk&fbclid=IwAR3CcPoFCRLRuBBX4aGIFkKMOcTUpHaTVyxHNDDkFBr9-PvyJ_Bx0IwbLqY
- [93] GURR, Mike a Harry K. NG. Cadillac Super Cruise--WHAT IS IT, HOW DOES IT WORK?. In: *YouTube* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=v5sfr_uNQxU
- [94] SIMARI, Michael a Andrew WENDLER. 2016 Cadillac CT6 2.0T: Clubbing with the 265-hp four-cylinder CT6. In: *Car and Driver* [online]. 25.5.2016 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.caranddriver.com/reviews/a15101833/2016-cadillac-ct6-sedan-20t-luxury-test-review/>
- [95] RAJAN, Piyush. Ainstein launches K-79 Autonomous Vehicle Imaging Radar Sensor. In: *Telematics Wire* [online]. 16.1.2019 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.telematicswire.net/vehicle-telematics-vehicle-information-technology-and-navigation/ainstein-launches-k-79-autonomous-vehicle-imaging-radar-sensor/>
- [96] BOSCH. Ultrasonic Sensor. In: *Bosch - Bosch Mobility Solutions* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/construction-zone-assist/ultrasonic-sensor/>
- [97] XSENS. Internal sensors. In: *XSENS* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.xsens.com/tags/inertial-sensors/>

- [98] WOODYARD, Chris. New York Auto Show: Google's Waymo buying 20,000 electric SUVs for driverless rides. In: *USA Today* [online]. 27.3.2018 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://eu.usatoday.com/story/money/cars/2018/03/27/waymo-acquiring-20-000-electric-suvs-driverless-ride-hailing-service/461537002/>
- [99] LAVRINC, Damon. EXCLUSIVE: GOOGLE EXPANDS ITS AUTONOMOUS FLEET WITH HYBRID LEXUS RX450H. In: *Wired* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2012/04/google-autonomous-lexus-rx450h/>
- [100] GIBBS, Samuel. Google sibling Waymo launches fully autonomous ride-hailing service: Alphabet's self-driving car firm beats Uber to be first to offer robot taxis without humans behind the wheel to take over in an emergency. In: *The Guardian* [online]. 7.11.2017 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/technology/2017/nov/07/google-waymo-announces-fully-autonomous-ride-hailing-service-uber-alphabet>
- [101] WALSH, Dustin. Roush to assemble Google self-driving cars in Allen Park, sources say. In: *Crain's Detroit Business* [online]. 28.5.2014 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.craigslist.com/article/20140528/NEWS/140529850/roush-to-assemble-google-self-driving-cars-in-allen-park-sources>
- [102] NELSON, Gabe. Google in talks with OEMs, suppliers to build self-driving cars. In: *Automotive News* [online]. 14.1.2015 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.autonews.com/article/20150114/OEM09/150119815/google-in-talks-with-oems-suppliers-to-build-self-driving-cars>
- [103] BERGEN, Mark a Alistair BARR. Waymo Tests Hardware to Ease Passenger Fears of Driverless Cars. In: *Bloomberg* [online]. 16.5.2017 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-05-16/waymo-s-next-challenge-making-driverless-passengers-feels-safe>
- [104] ADAMS, Dallon. Everything you need to know about Waymo's self-driving car project. In: *Digital Trends* [online]. 26.4.2017 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/cars/everything-you-need-to-know-waymo/>
- [105] AMADEO, Ron. Google's Waymo invests in LIDAR technology, cuts costs by 90 percent: Waymo is developing hardware and software to make the self-driving car a reality. In: *ARS Technica* [online]. 10.1.2017 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://arstechnica.com/cars/2017/01/googles-waymo-invests-in-lidar-technology-cuts-costs-by-90-percent/>
- [106] MADRIGAL, Alexis C. Inside Waymo's Secret World for Training Self-Driving Cars: An exclusive look at how Alphabet understands its most ambitious artificial intelligence project. In: *The Atlantic* [online]. 23.8.2017 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/08/inside-waymos-secret-testing-and-simulation-facilities/537648/>

- [107] SEPPALA, Timothy J. 'Carcraft' is Waymo's virtual world for autonomous vehicle testing: Yup, it's named after 'World of Warcraft.'. In: *Engadget* [online]. 23.8.2017 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.engadget.com/2017/08/23/waymo-virtual-world-carcraft/>
- [108] OHNSMAN, Alan. Waymo Is Millions Of Miles Ahead In Robot Car Tests; Does It Need A Billion More?. In: *Forbes* [online]. 2.3.2018 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2018/03/02/waymo-is-millions-of-miles-ahead-in-robot-car-tests-does-it-need-a-billion-more/#11b24e271ef4>
- [109] Driverless cars to be tested on UK roads by end of 2013. In: *BBC News* [online]. 16.7.2013 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/technology-23330681>
- [110] DUCAMP, Pauline. Des véhicules autonomes sur route ouverte à Bordeaux en octobre 2015. In: *L'usineDigitale* [online]. 29.6.2015 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.usine-digitale.fr/article/des-vehicules-autonomes-sur-route-ouverte-a-bordeaux-en-octobre-2015.N338350>
- [111] Swisscom reveals the first driverless car on Swiss roads. In: *WayBack Machine Internet Archive* [online]. 12.5.2015 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20150928062253/https://www.swisscom.ch/en/about/medien/press-releases/2015/05/20150512-MM-selbstfahrendes-Auto.html>
- [112] PALKOVICS, Prof. Dr. Laszlo. HUNGARY AS ONE OF THE EUROPEAN HUBS FOR AUTOMATED AND CONNCECTED DRIVING. In: *CESCI* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: http://cesci-net.eu/tiny_mce/uploaded/Palkovics_automated-driving.pdf
- [113] AUTOSHOW. 2019 Audi A6 - intelligent Drive. In: *YouTube* [online]. 31.5.2018 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=o_UNPQOYRA4
- [114] VOLVO. Pilot Assist and Lane assistance. In: *Volvo Cars* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/uk/support/article/3395a91b40bddd9ac0a801511916dab3>
- [115] Volvo XC90. In: *Driving* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://driving.ca/volvo/xc90>
- [116] Volvo Trucks presents autonomous e-truck. In: *Electrive* [online]. 13.9.2018 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.electrive.com/2018/09/13/volvo-trucks-presents-autonomous-e-truck/>
- [117] Sensor Suite Hardware: Tesla (Autopilot 2.0) vs. Mercedes-Benz (E-Class W213). In: *Reddit* [online]. 2017 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.reddit.com/r/SelfDrivingCars/comments/590gjm/sensor_suite_hardware_tesla_autopilot_20_vs/
- [118] Driving assistance systems in S-Class: Intelligent Drive Next Level. In: *Mercedes-Benz* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/the-new-s-class-intelligent-drive-next-level/>

- [119] O'KANE, Sean. Mercedes-Benz wants to make the 2020 S-Class partially autonomous. In: *The Verge* [online]. 11.10.2018 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2018/10/11/17964818/mercedes-benz-2020-s-class-self-driving-autonomous-car-drive-pilot>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ACC – Adaptive Cruise Control (Adaptivní tempomat)

AEB – Automatic emergency braking (Automatické brzdění)

AI – Artificial intelligence (Umělá inteligence)

AVs – Autonomous vehicles (Autonomní vozidla)

BSM – Blind spot monitoring (Sledování mrtvého bodu)

CAVs – Connected autonomous vehicles (Propojená autonomní vozidla)

CVs – Connected vehicles (Propojená vozidla)

DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency

ESC – Electronic stability control (Elektronická kontrola stability)

IMU – Internal measurement unit (Vnitřní měřicí jednotka)

LTA – Left turn assist

NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration

SAE - Society of Automotive Engineers

TJA – Traffic jam assist (Asistent dopravní zácpy)

TSR – Traffic sign recognition (Systém rozpoznávání dopravních značek)

USD – United States dollar (Americký dolar)